

Boletim de Pesquisa 14 e Desenvolvimento

ISSN 1806-3322
Dezembro, 2010

**Estimativa do Estoque de Carbono no
Solo em Sistemas de Produção de
Cana-de-açúcar no Estado de São Paulo**



Figura de capa: Plantação de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo.

***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Monitoramento por Satélite
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 14

Estimativa do Estoque de Carbono no Solo em Sistemas de Produção de Cana-de-açúcar no Estado de São Paulo

*Sandra Furlan Nogueira
Carlos Fernando Quartaroli
Célia Regina Grego
Ricardo Guimarães Andrade
Wilson Anderson Holler
Daiana Morelli Vidal*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Monitoramento por Satélite

Av. Soldado Passarinho, 303 – Fazenda Chapadão

CEP 13070-115 Campinas, SP

Telefone: (19) 3211 6200

Fax: (19) 3211 6222

www.cnpm.embrapa.br

sac@cnpm.embrapa.br

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Cristina Criscuolo*

Secretária-Executiva: *Shirley Soares da Silva*

Membros: *Bibiana Teixeira de Almeida, Daniel de Castro Victoria, Davi de Oliveira Custódio, Graziella Galinari, Luciane Dourado, Vera Viana dos Santos*

Supervisão editorial: *Cristina Criscuolo*

Revisão de texto: *Graziella Galinari*

Normalização bibliográfica: *Meire Volotão Stephano*

Tratamento de ilustrações e editoração eletrônica: *Shirley Soares da Silva*

Ilustração da capa: *Graziella Galinari*

1ª edição

1ª impressão (2010): versão digital.

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Nogueira, Sandra Furlan

Estimativa do estoque de carbono no solo em sistemas de produção de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo / Sandra Furlan Nogueira, Carlos Fernando Quartaroli, Célia Regina Grego, Ricardo Guimarães Andrade, Wilson Anderson Holler, Daiana Morelli Vidal – Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2011.

31 p.: il. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 14)
ISSN 1806-3322

1. Cana-de-açúcar 2. Estoque de carbono 3. Geoprocessamento 4. Cana crua. 5. Cana queimada. 6. Expansão. 7. Estado de São Paulo. I. Nogueira, Sandra Furlan. II. Quartaroli, Carlos Fernando. III. Grego, Célia Regina. IV. Andrade, Ricardo Guimarães. V. Holler, Wilson Anderson. VI. Vidal, Daiana Morelli. VII. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento por Satélite (Campinas, SP). VIII. Título. IX. Série.

CDD 630.720

© Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010

Autoria

Sandra Furlan Nogueira

Doutora em Química na Agricultura e no Ambiente
Pesquisadora da Embrapa Monitoramento por Satélite
sandra@cnpm.embrapa.br

Carlos Fernando Quartaroli

Mestre em Agronomia
Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite
quarta@cnpm.embrapa.br

Célia Regina Grego

Doutora em Energia na Agricultura
Pesquisadora da Embrapa Monitoramento por Satélite
crgrego@cnpm.embrapa.br

Ricardo Guimarães Andrade

Doutor em Agrometeorologia na Agricultura
Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite
ricardo@cnpm.embrapa.br

Wilson Anderson Holler

Bacharel em Engenharia Cartográfica
Analista da Embrapa Monitoramento por Satélite
holler@cnpm.embrapa.br

Daiana Morelli Vidal

Graduanda em Ciências Biológicas
Pontifícia Universidade Católica de Campinas

Sumário

Resumo	6
Introdução	7
Material e Métodos	8
Área de estudo	8
Cálculo do estoque de carbono no solo	11
Elaboração de mapas coropléticos	13
Resultados e Discussão	13
Conclusões	23
Referências	23
Anexo	26

Índice de Figuras

Figura 1.	Delimitação dos municípios e microrregiões da área de estudo.	9
Figura 2.	Mapa de solos da área de estudo (OLIVEIRA et al., 1999) e delimitação das áreas dos biomas Cerrado e Mata Atlântica (IBAMA, 2009).	10
Figura 3.	Percentual da área dos municípios colhida com cana-de-açúcar nos anos de 2002 e 2007.	15
Figura 4.	Densidade da produção da cana-de-açúcar por município (razão entre a quantidade produzida e a área do município) para os anos de 2002 e 2007.	16
Figura 5.	Área de expansão da cana-de-açúcar no período 2002-2007 por município. Percentuais em relação à área total do município.	17
Figura 6.	Aumento na densidade de produção (razão entre a quantidade produzida e a área do município) da cana-de-açúcar no período 2002-2007 por município.	17
Figura 7.	Estoque médio de carbono por hectare em áreas colhidas com cana-de-açúcar nos anos de 2003 e 2007. Dados estimados por município.	21
Figura 8.	Percentual das áreas com cana-de-açúcar colhida crua por município em 2007. Mapa construído a partir de dados publicados em Aguiar et al. (2010).	22
Figura 9.	Aumento percentual no estoque médio de carbono por hectare em áreas colhidas com cana-de-açúcar no período 2003-2007 em relação ao valor estimado para 2003. Dados estimados por município.	22

Índice de Tabelas

Tabela 1.	Estoque médio de carbono em solos sob condições naturais, anterior à ocupação antrópica, para as classes de solos e biomas que ocorrem na área de estudo. (valores em Mg ha ⁻¹)	11
Tabela 2.	Estoque médio de C por hectare em áreas colhidas com cana-de-açúcar para os anos de 2002 e 2007 e aumento percentual verificado no período em relação ao valor estimado em 2002.....	18
Tabela 3.	Áreas colhidas com cana-de-açúcar por município em 2002 e 2007, razão entre as áreas colhidas em 2007 e 2002, área de expansão comparando 2007 com 2002 e percentuais das áreas colhidas e de expansão em relação à área total dos municípios.....	26
Tabela 4.	Quantidade produzida de cana-de-açúcar por município em 2002 e 2007, razão entre as quantidades produzidas em 2007 e 2002, aumento da quantidade produzida comparando 2007 e 2002, densidade da produção (quantidade produzida/área do município) em 2002, 2007 e aumento na densidade da produção.....	29

Estimativa do Estoque de Carbono no Solo em Sistemas de Produção de Cana-de-Açúcar no Estado de São Paulo

Sandra Furlan Nogueira

Carlos Fernando Quartaroli

Célia Regina Grego

Ricardo Guimarães Andrade

Wilson Anderson Holler

Daiana Morelli Vidal

Resumo

Os estoques de carbono orgânico no solo (COS) por hectare em áreas com cana-de-açúcar em 2003 e 2007 foram estimados em região produtora do Estado de São Paulo envolvendo áreas com tradição no cultivo da cana-de-açúcar e áreas de expansão recente. A região caracteriza-se pela crescente mecanização da colheita nos últimos anos, evitando a queima da palhada e possibilitando sua deposição sobre o solo, contribuindo para o aumento dos estoques de COS. Para a estimativa do COS foram utilizados mapas digitais de solo, de biomas e das áreas produtoras em 2003 e 2007. As áreas produtoras foram divididas em unidades cartográficas segundo a combinação de solos, biomas e forma de colheita que apresentavam. Os valores de COS foram estimados para cada unidade cartográfica pela aplicação de fatores publicados em literatura que correlacionavam o estoque de COS aos solos, biomas e forma de colheita da cana. Posteriormente, para cada município da região, obteve-se o estoque médio de COS por hectare nas áreas produtoras em 2003 e 2007. Mapas coropléticos com os valores de COS por município foram elaborados, assim como mapa com dados municipais de quantidade produzida, área colhida total e área colhida com cana crua. Os menores valores de estoque de COS por hectare em 2003 foram observados em municípios das porções oeste e central da área de estudo, onde predominam Argissolos em áreas do Bioma Mata Atlântica, combinação solo/bioma com menor potencial para o acúmulo de COS. Os municípios com os maiores valores de COS também estavam situados em áreas do Bioma Mata Atlântica, porém com predominância de Latossolos, restringindo-se a poucos municípios próximos aos rios Grande e Tietê na porção oeste da área de estudo. Valores intermediários de COS ocorreram em municípios situados em áreas do Bioma Cerrado, na porção leste da área de estudo, com predomínio de Latossolos. O estoque médio de COS por hectare em áreas colhidas com cana-de-açúcar era de 29,66 Mg ha⁻¹ em 2007 e 27,80 Mg ha⁻¹ em 2003. Esses valores correspondem a um incremento de 1,86 Mg ha⁻¹ ou 6,69% no período 2003-2007. A introdução da colheita da cana-de-açúcar sem a queima da palha foi a principal responsável pelo aumento dos estoques de COS.

Introdução

O setor agropecuário brasileiro cresce significativamente há décadas, resultado da expansão da área de produção e, principalmente, do aumento da produtividade (DALL'AGNOL; HIRAKURI, 2008). Neste contexto, a produção da cana-de-açúcar destaca-se por ser um dos segmentos agrícolas em franca expansão e intensificação. A produção brasileira de cana-de-açúcar em 2009 foi de 671 milhões de toneladas, colhidas em 8,5 milhões de hectares. Esses números representam um aumento de 106% na quantidade produzida e de 77% na área colhida em relação à safra do ano 2000. Em 2009, somente no Estado de São Paulo foram colhidas 389 milhões de toneladas, cerca de 58% da produção nacional (IBGE, 2010).

Entre os anos de 2000 e 2009, a área plantada de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo aumentou em 89%. No ano de 2009, 4,7 milhões hectares, ou seja, 19% da área do estado, estava ocupada pelas lavouras de cana-de-açúcar (IBGE, 2010). A cultura, antes concentrada nas tradicionais regiões canavieiras de Piracicaba, Ribeirão Preto, Araraquara, Jaú e Vale do Paranapanema, expandiu-se para o oeste do estado, em direção ao Rio Paraná, e para o norte, em direção ao Rio Grande, adentrando o Estado de Minas Gerais na região do Triângulo Mineiro. Em sua expansão, a cana-de-açúcar tem ocupado, sobretudo, o espaço antes destinado a pastagens e culturas anuais (CARVALHO; OLIVEIRA, 2006).

Os impactos ambientais da expansão e da intensificação da canavicultura ainda não estão suficientemente estudados, principalmente em relação à sua sustentabilidade agrônômica, sob a perspectiva da manutenção dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. As alterações regionais na cobertura e uso das terras geradas por essa expansão implicam relevantes alterações nos ciclos biogeoquímicos, incluindo mudanças nos estoques de carbono e nitrogênio dos solos, além das emissões de gases de efeito estufa (DEFRIES et al., 2002; GALDOS, 2007; LUIZÃO et al., 1989).

O estoque de carbono orgânico no solo (COS) depende da intensidade dos processos de adição de resíduos vegetais e da decomposição destes. A decomposição das frações orgânicas do solo, por sua vez, é dependente de vários fatores biológicos, químicos e físicos que conferem a essas frações proteção ao ataque dos microrganismos decompositores (SCHLESINGER, 1991). A magnitude das adições e perdas de COS num determinado agroecossistema determina sua direção em relação à maior sustentabilidade ou à degradação. Tanto a adição quanto a perda de COS dependem, direta ou indiretamente, do manejo do solo e da forma de colheita, e a estabilidade do sistema é determinada pelo balanço entre entradas e saídas (ADDISCOT, 1992).

As principais práticas agrícolas que causam o decréscimo no estoque de carbono do solo são os desflorestamentos e os cultivos convencionais, não conservacionistas, caracterizados pelo revolvimento e desestruturação do solo, pela queima de fitomassa e pelos solos descobertos na entressafra (LANGEVELD et al., 1997).

A intervenção do homem nos ecossistemas pela prática da agricultura convencional acarreta o decréscimo do conteúdo de COS ao longo do tempo, até atingir um novo estado estável, quantitativamente inferior ao valor original. De acordo com Debarba (2002), a magnitude destas alterações depende, principalmente, do tipo de solo, das condições climáticas (temperatura e precipitação) e do sistema de produção agropecuária utilizado (manejo do solo, sistema agrícola e sistema de colheita). Esse fato, associado às atuais evidências de que a elevação da concentração de CO₂ atmosférico contribui para o aquecimento global, tem aumentado o interesse pela quantificação, manutenção e/ou incremento do COS por meio de práticas agrícolas conservacionistas (CERRI et al., 2003; LAL, 2004).

A Convenção das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas reconhece a importância do COS e aponta a necessidade das quantificações dos estoques de COS e suas mudanças. O entendimento dos processos de estoque e alteração do COS em escalas regionais e nacionais é necessário para a futura compreensão do ciclo global do C, de forma a dimensionar as respostas dos ecossistemas terrestres às mudanças climáticas e, com isso, subsidiar as políticas públicas nas tomadas de decisões sobre o uso e manejo das terras (MILNE et al., 2007).

A cultura da cana-de-açúcar não é considerada anual e nem perene. Trata-se de uma lavoura temporária que, após o plantio, é colhida anualmente por quatro a cinco anos. A cultura contribui para reduzir as emissões de gases do efeito estufa (GEE), já que sua produção é, em grande parte, destinada à produção de etanol, que substitui os combustíveis fósseis. A utilização de um combustível renovável, como é o caso do etanol, não intensifica as consequências do aquecimento global, uma vez que praticamente a mesma quantidade de CO₂ emitida para a atmosfera via combustão é absorvida na fotossíntese pela cultura subsequente. Todavia, é preciso que a produção de etanol seja acompanhada do emprego de tecnologias que reduzam as emissões dos GEE gerados na produção da cana-de-açúcar no campo e no seu beneficiamento na usina. Adicionalmente, os benefícios ambientais serão otimizados caso práticas de manejo conservacionistas (como por exemplo: colheita da cana-de-açúcar sem queima, aplicação racional de fertilizantes e resíduos da agroindústria, plantio direto etc.) consigam incorporar o carbono presente na atmosfera em formas mais estáveis ligadas a matéria orgânica do solo (GALDOS, 2007).

Historicamente a cana-de-açúcar é colhida manualmente após a queima do canavial. Esse procedimento é adotado porque a ausência das folhas (palhada) aumenta o rendimento da mão de obra no corte dos colmos. A queima da palha normalmente é evitada quando a colheita é mecanizada. Estudos de Cerri et al. (2010) com solos brasileiros mostram que a taxa média de acúmulo de carbono no solo entre a superfície e a profundidade de 30 cm é de 1,5 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (0,73 e 2,04 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para solos arenosos e argilosos, respectivamente) quando se substitui o sistema de colheita da cana queimada pelo de cana crua.

As mudanças de uso das terras ou das formas de utilização do solo para a obtenção dos produtos agropecuários estão ocorrendo de forma bastante acelerada na última década, por motivos ambientais, sociais e econômicos. Por serem transformações que ocorrem em grandes áreas e de forma simultânea, os condicionantes dessas mudanças e os seus efeitos também atuam nessa escala. Os sistemas de informação geográfica (SIG) constituem uma importante ferramenta para monitorar grandes extensões geográficas, pela facilidade de armazenar, espacializar e analisar grandes quantidades de dados referentes aos recursos naturais e às atividades antrópicas; e avaliar ou simular as consequências dessas atividades sobre a superfície terrestre (MORTON et al., 2006). Essa ferramenta foi usada neste trabalho para analisar dados sobre o cultivo da cana-de-açúcar e caracterizar a evolução dessa cultura em municípios selecionados do Estado de São Paulo. Também foi usada na avaliação das estimativas de estoque de COS sob a cultura da cana-de-açúcar e dos estoques médios de COS por município, feitas a partir dos mapeamentos das áreas cultivadas segundo a forma de colheita praticada; além de informações de literatura sobre o comportamento dos estoques de COS em diferentes tipos de solo, biomas e formas de colheita da cana-de-açúcar.

Material e Métodos

Área de estudo

A área de estudo compreende a totalidade das microrregiões de Novo Horizonte, Nhandeara, São José do Rio Preto, Catanduva, Araraquara, Jaboticabal, Ribeirão Preto, Barretos, São Joaquim da Barra e Ituverava (IBGE, 2009b) (Figura 1). São 4.440.892 ha em área contínua envolvendo o território de 122 municípios do Estado de São Paulo. Entre eles, há tanto municípios com tradição no cultivo da cana-de-açúcar como municípios situados em áreas de expansão recente da cultura. Essas microrregiões foram escolhidas após avaliação da evolução da área colhida e da produção de cana-de-açúcar entre os anos de 2002 e 2007 e constituem uma amostra representativa dos diferentes cenários de expansão e intensificação do cultivo de cana-de-açúcar, fator importante para o objetivo proposto por este estudo.

As classes de solos predominantes na área de estudo são os Argissolos Vermelho-Amarelo e os Latossolos Vermelho (OLIVEIRA et al., 1999) (Figura 2). De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é classificado como tropical (Aw), com a estação seca no inverno. A temperatura média anual oscila entre 18 °C e 20 °C, e a pluviosidade, entre 1.250mm e 2.000mm. A vegetação nativa original era composta por Savana (Cerrado) e Floresta Estacional (IBGE, 2009a).

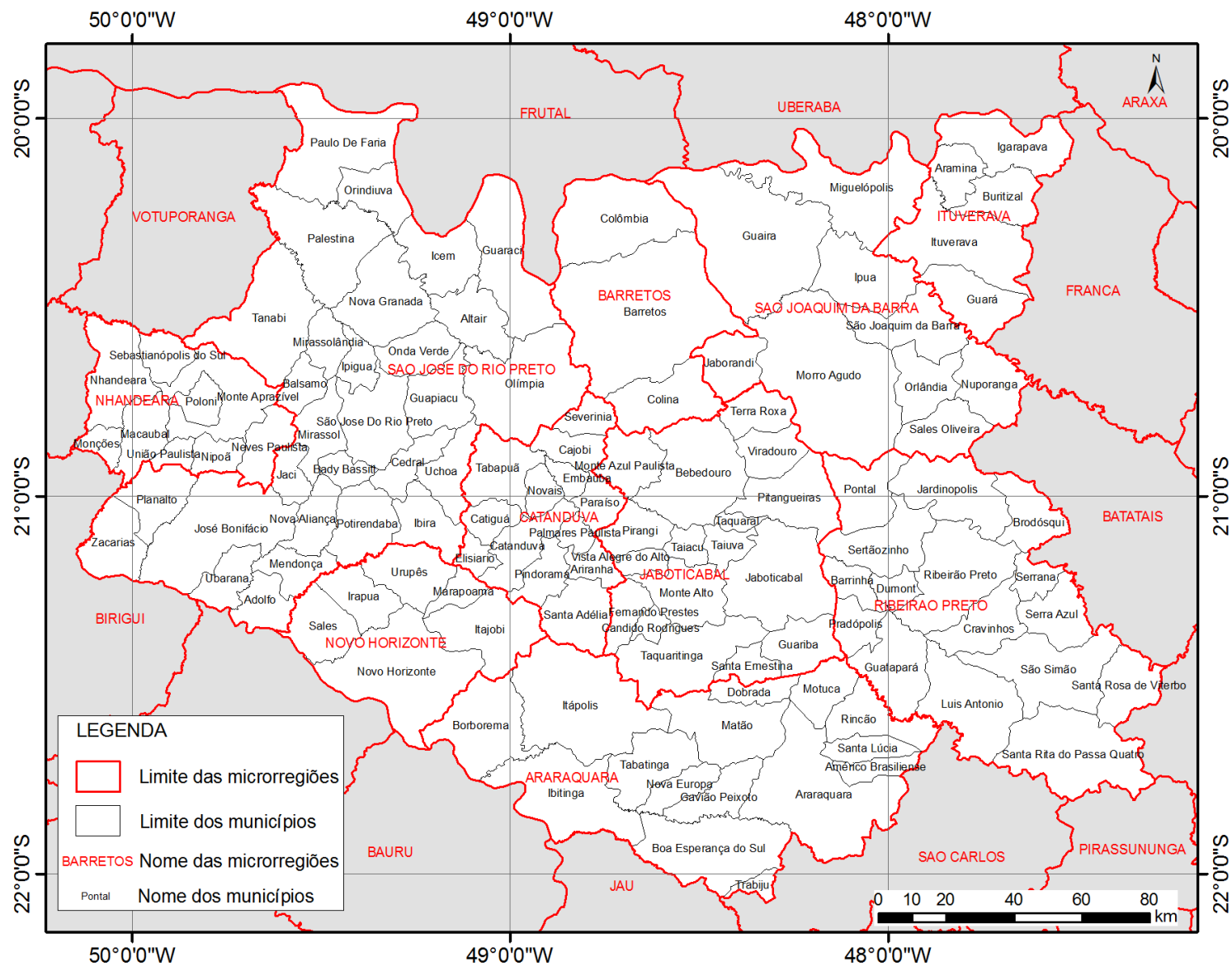


Figura 1. Delimitação dos municípios e microrregiões da área de estudo.

Cálculo do estoque de carbono no solo

Para a estimativa do estoque de COS por hectare em áreas com cana-de-açúcar em 2003 e 2007, foram utilizados mapas digitais vetoriais em formato *shapefile* dos seguintes temas: pedologia (OLIVEIRA et al., 1999), delimitação dos biomas brasileiros (IBGE, 2009a), limite político-administrativo dos municípios brasileiros (IBGE, 2009b) e delimitação das áreas colhidas com cana-de-açúcar em 2003 e 2007 no Estado de São Paulo.

Os mapas com a delimitação das áreas com cana-de-açúcar foram elaborados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) para o projeto Canasat. As áreas em 2007 estavam especificadas quanto ao tipo de colheita (cana crua ou cana queimada). Os principais órgãos detentores de dados sobre o cultivo de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo (União da Indústria de Cana-de-açúcar – Unica, Centro de Tecnologia Canavieira – CTC, Instituto de Economia Agrícola – IEA, União dos Produtores de Bioenergia – Udop) e Inpe foram consultados quanto à disponibilidade de dados sobre a forma de colheita da cana-de-açúcar na área de estudo. No Inpe, por intermédio do coordenador do projeto Canasat, o pesquisador Bernardo F. T. Rudorff, foi possível obter esses dados. Contudo, como no ano de 2003 o projeto Canasat ainda não monitorava as formas de colheita, considerou-se que toda cana colhida nesse ano havia sido por queima.

As estimativas dos estoques de carbono no solo de áreas cultivadas com cana-de-açúcar seguiram as seguintes etapas computacionais, executadas por meio do software ArcGIS:

1. Todos os mapas digitais utilizados foram reprojetados para o Sistema de Projeção Cônica Equivalente de Albers, por ser um sistema de projeção que preserva as áreas.
2. Foi realizada a intersecção entre os mapas digitais de pedologia, de biomas, dos limites municipais e das áreas de cana crua e queimada em 2007 (safra 2007/2008). Os mapas digitais no ArcGIS foram representados em formato vetorial em arquivos do tipo *shapefile*. Esse tipo de arquivo representa as unidades cartográficas por polígonos e associa a cada polígono um registro contendo seus atributos alfanuméricos. Esses registros constituem a tabela de atributos do *shapefile*, armazenada em um arquivo do tipo dbf. Da intersecção dos *shapefiles* referentes aos mapas citados resultou um novo *shapefile*, com novas unidades cartográficas e seus respectivos registros. Esses registros herdaram os atributos dos *shapefiles* originais, portanto, cada unidade cartográfica passou a contar com dados sobre tipo de solo, bioma, município ao qual pertence, presença ou ausência de cana colhida em 2007 e tipo de colheita em 2007 (cana crua ou queimada). A área de cada unidade também foi calculada pelo software e inserida no respectivo registro.
3. Ao registro de cada unidade cartográfica foi acrescentado um campo com os valores estimados de estoque original de carbono do solo por hectare, conforme a Tabela 1. Esses valores foram calculados em função do bioma e da classe de solo da unidade cartográfica e representa o estoque de carbono presente no solo por hectare em condições naturais, anterior à sua ocupação antrópica.

Tabela 1. Estoque médio de carbono em solos sob condições naturais, anterior à ocupação antrópica, para as classes de solos e biomas que ocorrem na área de estudo (valores em Mg ha⁻¹).

Classe de solo	Cerrado	Mata Atlântica
Argissolo	42,9	38,0
Gleissolo	67,4	77,7
Latossolo	40,6	46,5
Neossolo Flúvico	35,1	41,0
Neossolo Litólico	63,4	69,4
Neossolo Quartzarênico	26,5	19,4
Nitossolo	58,2	56,4
Planossolo	26,0	29,5

Fonte: Fidalgo et al. (2007).

4. Outro campo foi adicionado aos registros com a finalidade de armazenar os valores estimados de estoque de carbono no solo por hectare para o ano de 2007 em cada unidade cartográfica. Esses valores foram estimados por meio dos fatores de mudança ou incremento observados por Galdos (2007) e Czysty et al. (2009). Fatores diferentes foram utilizados segundo o tipo de solo e tipo de manejo da colheita: cana crua ou cana queimada. Como o objetivo do trabalho é estimar o COS apenas em áreas com canavieira, atribui-se o valor zero aos registros que não apontavam a presença de cana em 2007. O COS por hectare de cada unidade cartográfica foi calculado pela Equação 1:

$$C_i = p_i * C1_i * fc^{(1-j)} * fq^j \quad (\text{Equação 1})$$

onde:

C_i é o estoque de carbono orgânico no solo por hectare em áreas colhidas com cana-de-açúcar para a unidade cartográfica i ;

p_i representa a ausência ou presença de cana-de-açúcar colhida em 2007 na unidade cartográfica i . O termo assume o valor "zero" quando a cana-de-açúcar está ausente e o valor "um" quando está presente;

$C1_i$ representa o estoque original de carbono do solo por hectare da unidade cartográfica i estabelecido a partir de seu tipo de solo e bioma, conforme Fidalgo et al. (2007);

fc são os fatores de mudança para a cana colhida crua segundo o tipo de solo (GALDOS, 2007; CZYCZA et al., 2009);

fq são os fatores de mudança para a cana colhida queimada segundo Galdos (2007) e Czysty et al. (2009);

j representa o tipo de colheita da cana. Assume o valor "um" quando a cana da unidade cartográfica foi colhida queimada e o valor "zero" quando ela foi colhida crua.

5. Para cada unidade cartográfica, foi calculada a estimativa do estoque total de COS em áreas colhidas com cana-de-açúcar em 2007 pela multiplicação da área da unidade de mapeamento pelo valor estimado de carbono por hectare para a mesma unidade, obtido pela Equação 1. Os valores resultantes também foram armazenados no registro das respectivas unidades.
6. Todos os registros foram agrupados por município. Para cada município, foram calculados a área total colhida com cana-de-açúcar em hectares e o estoque total estimado de COS na mesma área para o ano de 2007. Da divisão do estoque total de COS em 2007 pela área total com cana-de-açúcar do município, obteve-se a estimativa do estoque de COS por hectare de cana colhida para cada município (Equação 2):

$$EC_m = \frac{\sum_{i=1}^n C_i * A_i * p_i}{\sum_{i=1}^n A_i * p_i} \quad (\text{Equação 2})$$

onde:

EC_m é o estoque total estimado de carbono orgânico no solo por hectare nas áreas colhidas com cana-de-açúcar para o município m ;

n representa a quantidade de unidades cartográficas presentes dentro da área do município m ;

C_i representa o estoque de carbono orgânico no solo por hectare em áreas colhidas com cana-de-açúcar para a unidade cartográfica i do município m ;

A_i representa a área em hectares da unidade cartográfica i do município m ;

p_i representa a ausência ou presença de cana-de-açúcar colhida em 2007 na unidade cartográfica i . O termo assume o valor “zero” quando a cana-de-açúcar está ausente e o valor “um” quando está presente.

7. Todas as etapas anteriores foram repetidas com o mapa de áreas colhidas com cana-de-açúcar em 2003, entretanto, pela indisponibilidade de dados sobre o tipo de colheita praticado, considerou-se que toda a cana-de-açúcar colhida em 2003 era queimada.

Elaboração de mapas coropléticos

Em um arquivo do tipo *shapefile*, os limites dos municípios foram representados por polígonos e associados a registros de uma tabela contendo os atributos de cada município. Entre esses atributos foram incluídos os valores estimados de COS por hectare de cana colhida em 2003 e 2007 e a área total do município. Também foram incluídas a quantidade produzida e a área colhida de cana-de-açúcar obtidas no banco de dados de Produção Agrícola Municipal do Sistema SIDRA (IBGE, 2010). Esses dados são estimativas feitas pelos agentes do IBGE que resultam de contatos que os mesmos mantêm com técnicos do setor agrícola, com grandes produtores e, ainda, do próprio conhecimento que os agentes possuem sobre as atividades agrícolas dos municípios ou região onde atuam (IBGE, 2010).

Na elaboração dos mapas coropléticos em meio digital, os polígonos delimitadores da área dos municípios foram preenchidos por uma cor. Essa cor está associada ao valor que cada município apresenta para o atributo representado no mapa. Os valores de alguns desses atributos resultaram de cálculos feitos a partir dos atributos originais, como a densidade de produção, calculada pela divisão da quantidade produzida pela área total do município.

Resultados e Discussão

As Figuras 3, 4 e 5 apresentam mapas coropléticos construídos com a finalidade de facilitar a visualização e análise da distribuição espacial das grandezas representadas, bem como a comparação entre a situação em 2002 e em 2007. Os dados de área colhida e quantidade produzida de cana-de-açúcar utilizados na elaboração dos mapas são apresentados em tabelas no apêndice deste documento e referem-se às estimativas da produção agrícola municipal de cana-de-açúcar feitas pelo IBGE (2010).

A Figura 3 mostra os percentuais da área total de cada município colhida com cana-de-açúcar em 2002 e 2007 que podem ser interpretados como índices municipais de ocupação territorial pela lavoura canavieira. Os municípios com altos percentuais em 2002 situavam-se, em sua maioria, na porção leste da área de estudo, com destaque para Sertãozinho, Pitangueiras, Terra Roxa e Santa Lúcia, com percentuais superiores a 70%. Na porção oeste, predominavam municípios com baixos percentuais, normalmente inferiores a 10%. Entre os dois extremos geográficos, observavam-se municípios em situação intermediária, com percentuais entre 10% e 40%. Os dados e o mapa de 2007 mostram um aumento nos percentuais correspondentes à área colhida com cana-de-açúcar em quase todos os municípios, entretanto, ainda se observava uma estratificação da região, com os maiores percentuais na parte leste, os menores na parte oeste e os intermediários na faixa central.

Os altos índices de ocupação pelas lavouras de cana-de-açúcar em 2007 indicam que as áreas propícias para a expansão da cultura nos municípios da porção leste da área de estudo estavam próximas do esgotamento. Logicamente, estudos de aptidão natural e viabilidade econômica para a canavicultura das áreas ainda não ocupadas pela cana são necessários para confirmar essa hipótese. Por outro lado, a maioria dos municípios das porções oeste e central da região, apesar do crescimento verificado no período 2002-2007, ainda apresentavam índices de ocupação pela

canavicultura inferiores a 30%, índices que podem crescer, desde que as condições naturais e econômicas propiciem a expansão da lavoura da cana pelas áreas restantes.

Os municípios da porção leste da área de estudo possuem, em geral, a maior parte de suas áreas produtivas sobre solos da classe Latossolo Vermelho (LV). Já os municípios das porções oeste e central possuem, em sua maioria, áreas produtivas sobre solos da classe Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) (Figura 2). Por possuírem atributos físicos e químicos mais adequados à cultura da cana-de-açúcar, a produção em áreas com LV é mais antiga. A crescente demanda pelos produtos derivados da cana-de-açúcar motivou a expansão das áreas produtivas, preferencialmente pelas áreas com LV ainda restantes. Entretanto, a escassez das áreas disponíveis com LV levou a expansão para as áreas com solos PVA, predominantes nas porções central e oeste da área de estudo.

Como a densidade da produção (razão entre a quantidade produzida e a área do município) depende tanto da área colhida como da produtividade da cultura, há alguma diferença entre a classificação dos municípios por percentual de área colhida e por densidade da produção (Figura 4). Municípios com mesmo percentual de área colhida podem apresentar diferentes produtividades e, consequentemente, diferentes densidades de produção. A produtividade da cana-de-açúcar não difere muito entre os municípios da região. A produtividade da região como um todo era de 85,63 Mg ha⁻¹ em 2007. Dos 122 municípios, 92 apresentam produtividade entre 80 Mg ha⁻¹ e 90 Mg ha⁻¹ em 2007. Em virtude da relativa homogeneidade da produtividade na região, o fator área colhida tem peso muito maior na análise das diferenças de densidade de produção entre os municípios. Como consequência, as conclusões sobre a distribuição espacial e a expansão da canavicultura obtidas a partir da análise dos percentuais de área colhida, também são válidas para a análise a partir da densidade de produção.

A Figura 5 mostra o percentual da área total de cada município equivalente à área de expansão da canavicultura, ou o incremento no percentual da área total do município colhido com cana-de-açúcar, quando se comparam os dados do ano de 2007 com os de 2002. A Figura 6 mostra o aumento na densidade de produção da cana-de-açúcar no período 2002-2007 por município. Essas figuras sintetizam as discussões apresentadas nos parágrafos anteriores. Observam-se altos índices de expansão entre os municípios das porções oeste e central, muitos deles com predominância de PVA. Municípios com predominância de LV, sobretudo aquelas situadas na porção norte da área de estudo, estão entre os que apresentam os maiores índices de expansão e as maiores áreas de expansão em números absolutos. A soma das áreas de expansão dos municípios de Morro Agudo, Ituverava, Miguelópolis, Guaíra, Barretos e Colômbia representam cerca de 32% da área de expansão da cana-de-açúcar verificada em toda a região. Por outro lado, baixos índices de expansão foram verificados em grande parte dos municípios da porção leste, principalmente os da microrregião de Ribeirão Preto e adjacências, como possível consequência do esgotamento de áreas propícias para a expansão da atividade desde 2002.

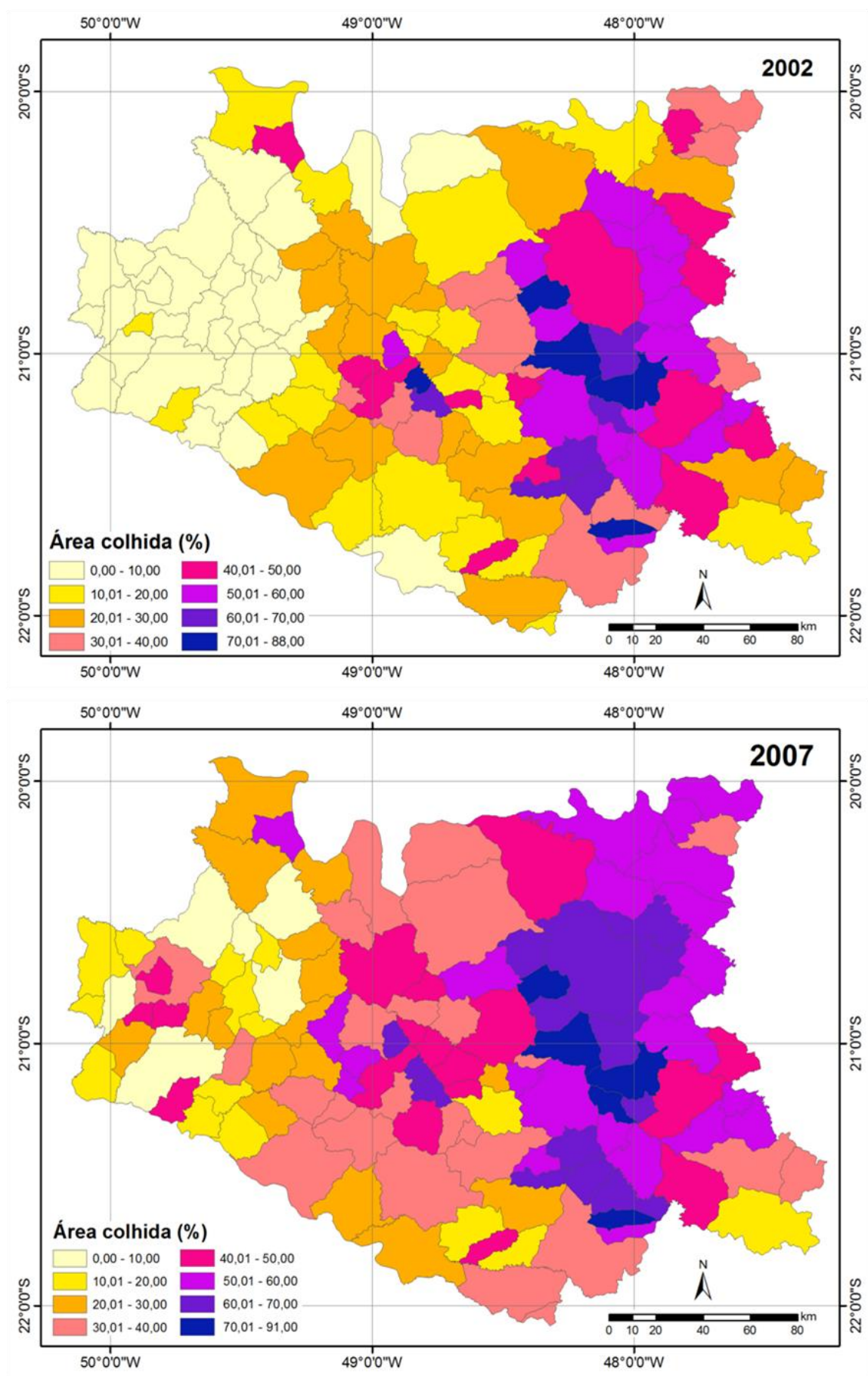


Figura 3. Percentual da área dos municípios colhida com cana-de-açúcar nos anos de 2002 e 2007.

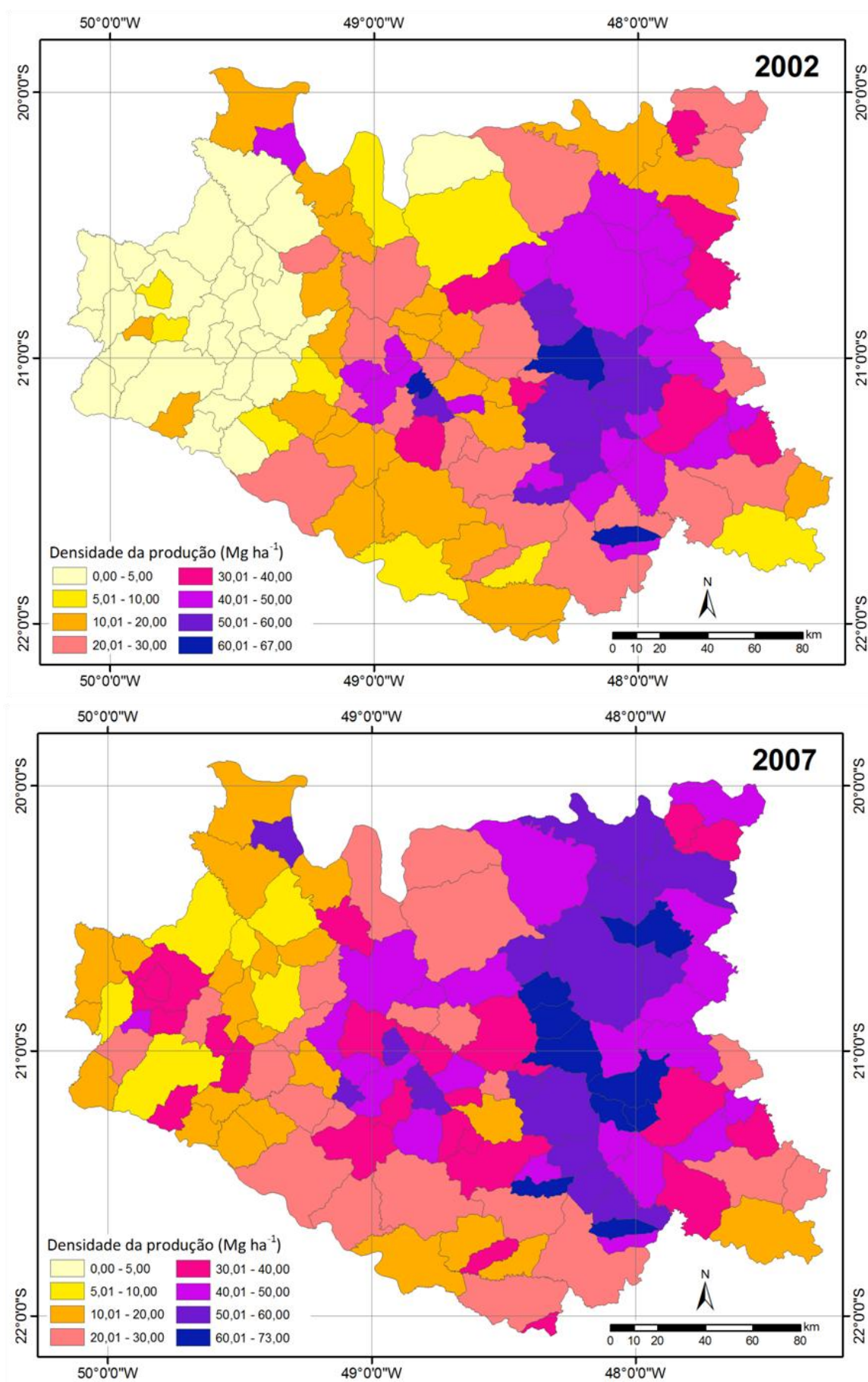


Figura 4. Densidade da produção da cana-de-açúcar por município (razão entre a quantidade produzida e a área do município) para os anos de 2002 e 2007.

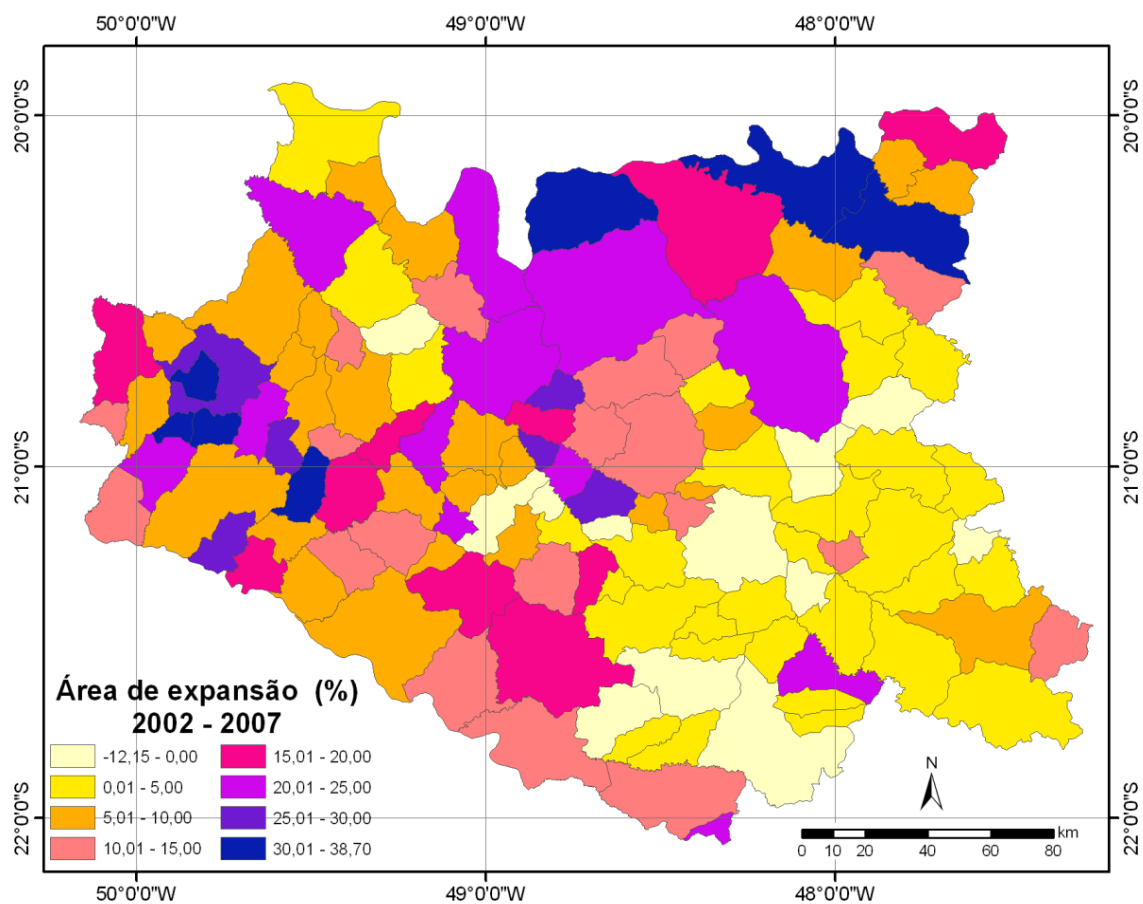


Figura 5. Área de expansão da cana-de-açúcar no período 2002-2007 por município. Percentuais em relação à área total do município.

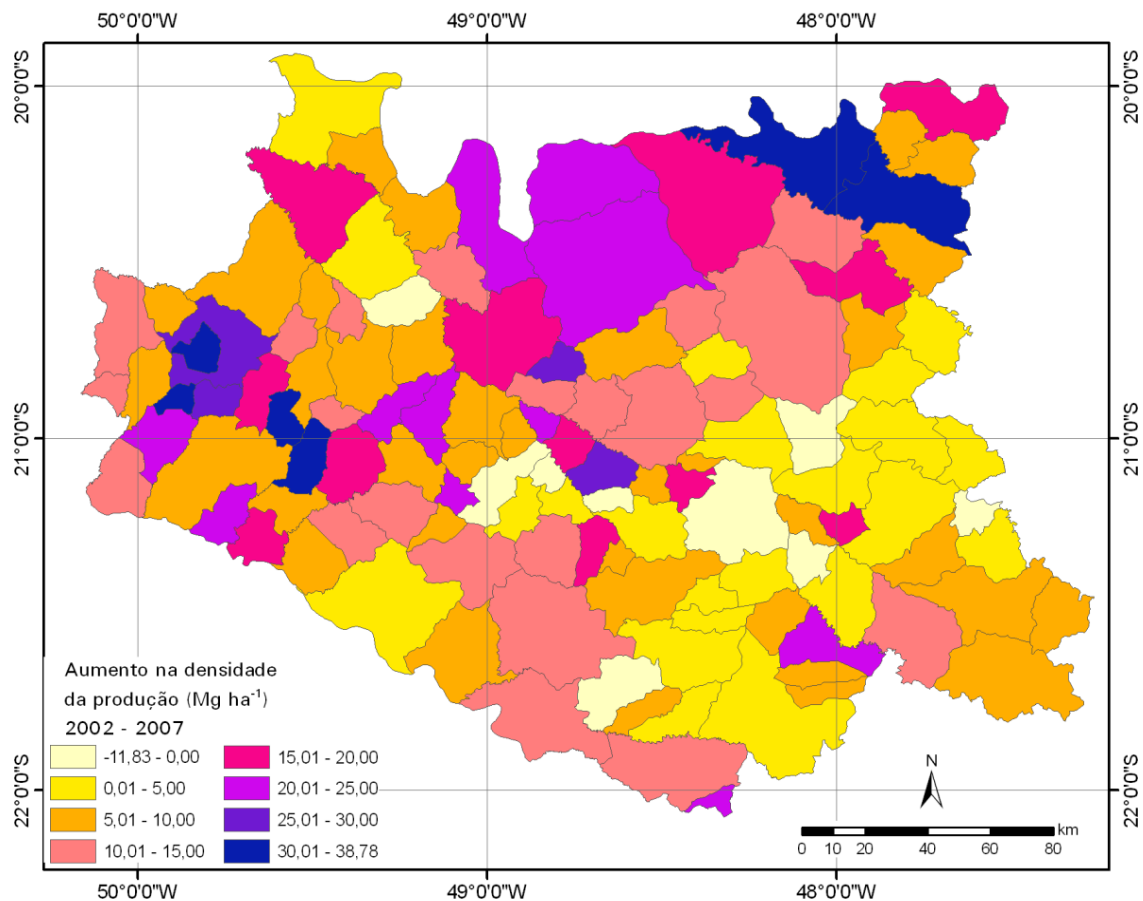


Figura 6. Aumento na densidade de produção (razão entre a quantidade produzida e a área do município) da cana-de-açúcar no período 2002-2007 por município.

O impacto da canavicultura sobre os solos da área de estudo é mostrado pelos altos e crescentes índices de ocupação territorial da atividade. Quando considerada a área toda, esse índice de ocupação é de cerca de 39%, porém há municípios com até 90% de sua área com canavicultura. Certamente, a atividade tem um forte impacto no estoque de COS e esse impacto depende, entre outros fatores, do tipo de solo no qual a atividade se desenvolve e das práticas de manejo da cultura, sobretudo da forma de colheita: cana queimada ou cana crua com deposição da palhada no solo.

Os valores estimados de estoque médio de carbono no solo por hectare em áreas colhidas com cana-de-açúcar por município são apresentados na Tabela 2 e na Figura 7 para os anos de 2003 e 2007. O aumento percentual verificado em 2007 em relação ao valor estimado para 2003 é apresentado na mesma tabela. Os valores para 2007 foram calculados em função da forma de colheita da cana, do tipo de solo e do bioma das áreas de colheita de cada município e variavam de 21,2 Mg ha⁻¹ a 34,1 Mg ha⁻¹; já os valores para 2003 variavam de 21,4 Mg ha⁻¹ a 31,8 Mg ha⁻¹.

Considerando toda a área de estudo, o estoque médio de COS por hectare em áreas colhidas com cana-de-açúcar era de 29,66 Mg ha⁻¹ em 2007 e 27,80 Mg ha⁻¹ em 2003. Esses valores correspondem a um incremento de 1,86 Mg ha⁻¹ ou 6,69% no período 2003-2007. Há municípios com aumentos de até 3,6 Mg ha⁻¹ e de até 13% (Figura 9). Em apenas dois municípios não foram observados aumentos do COS por hectare.

A principal razão dos incrementos de COS por hectare é o aumento significativo da colheita de cana crua nesse polo produtivo. Os incrementos ocorrem em função do carbono incorporado ao solo a partir da palha depositada sobre o solo nas áreas que deixaram de ser queimadas em 2007. Em diversos experimentos, uma correlação entre a manutenção da palhada de cana-de-açúcar e o aumento dos teores de carbono total no solo tem sido observada, com influência de variáveis como tempo de adoção do sistema sem queima, textura do solo e grau de revolvimento do solo na reforma do canavial (CERRI et al., 2004; GRAHAM et al., 2002; ROBERTSON, 2003).

Tabela 2. Estoque médio de C por hectare em áreas colhidas com cana-de-açúcar para os anos de 2002 e 2007 e aumento percentual verificado no período em relação ao valor estimado em 2002.

Município	Estoque médio de carbono			Município	Estoque médio de carbono		
	2003	2007	Aumento		2003	2007	Aumento
	Mg ha ⁻¹		%		Mg ha ⁻¹		%
Adolfo	31,6	34,0	7,4	Monte Azul Paulista	26,0	26,9	3,5
Altair	29,6	31,0	4,8	Morro Agudo	28,0	29,5	5,4
Américo Brasiliense	27,6	30,1	9,1	Motuca	27,6	30,2	9,4
Aramina	27,6	29,4	6,5	Neves Paulista	25,8	27,6	7,0
Araraquara	28,5	30,1	5,6	Nhandeara	26,9	28,3	5,2
Ariranha	25,8	27,0	4,7	Nipoã	25,8	27,4	6,2
Bady Bassitt	25,8	28,6	10,9	Nova Aliança	25,8	27,8	7,8
Bálsamo	28,1	30,0	6,8	Nova Europa	25,5	28,5	11,8
Barretos	27,7	29,7	7,2	Nova Granada	29,0	30,7	5,9
Barrinha	27,6	31,2	13,0	Novais	25,8	28,0	8,5
Bebedouro	27,2	28,7	5,5	Novo Horizonte	26,0	27,6	6,2
Boa Esperança do Sul	27,1	28,4	4,8	Nuporanga	27,6	28,7	4,0
Borborema	28,2	30,1	6,7	Olímpia	27,7	29,3	5,8
Brodowski	28,4	28,0	-1,4	Onda Verde	28,9	30,4	5,2
Buritizal	27,6	30,4	10,1	Orindiúva	31,8	34,1	7,2
Cajobi	25,8	27,3	5,8	Orlândia	27,6	29,1	5,4
Cândido Rodrigues	26,5	27,5	3,8	Palestina	28,9	31,6	9,3
Catanduva	25,8	27,4	6,2	Palmares Paulista	25,8	27,0	4,7

Continua...

Tabela 2. Continuação...

Município	Estoque médio de carbono			Município	Estoque médio de carbono		
	2003	2007	Aumento		2003	2007	Aumento
	Mg ha ⁻¹		%		Mg ha ⁻¹		%
Catiguá	25,8	27,8	7,8	Paraíso	25,8	27,4	6,2
Cedral	26,0	27,5	5,8	Paulo de Faria	30,1	32,5	8,0
Colina	27,5	28,9	5,1	Pindorama	27,2	28,2	3,7
Colômbia	28,3	30,1	6,4	Pirangi	25,8	26,9	4,3
Cravinhos	27,9	29,1	4,3	Pitangueiras	27,8	29,2	5,0
Dobrada	28,4	29,7	4,6	Planalto	30,5	33,1	8,5
Dumont	27,6	29,8	8,0	Poloni	25,8	28,5	10,5
Elisiário	25,8	27,0	4,7	Pontal	27,7	28,8	4,0
Embaúba	25,8	27,2	5,4	Potirendaba	26,0	28,4	9,2
Fernando Prestes	27,0	28,7	6,3	Pradópolis	27,6	31,2	13,0
Gavião Peixoto	27,4	29,6	8,0	Ribeirão Preto	27,4	29,9	9,1
Guaíra	28,6	31,1	8,7	Rincão	29,1	32,0	10,0
Guapiacu	28,2	29,8	5,7	Sales	30,3	32,2	6,3
Guará	27,6	30,3	9,8	Sales Oliveira	27,6	28,6	3,6
Guaraci	29,5	31,5	6,8	Santa Adélia	27,8	30,5	9,7
Guariba	27,6	30,0	8,7	Santa Ernestina	28,4	29,7	4,6
Guataporá	26,6	30,0	12,8	Santa Lúcia	27,6	29,6	7,2
Ibirá	27,1	28,0	3,3	S. Rita do Passa Quatro	29,6	31,8	7,4
Ibitinga	28,0	29,8	6,4	Santa Rosa de Viterbo	25,7	26,3	2,3
Icém	28,8	32,0	11,1	São Joaquim da Barra	27,6	30,4	10,1
Igarapava	27,6	28,3	2,5	São José do Rio Preto	27,4	29,8	8,8
Ipiguá	29,2	32,6	11,6	São Simão	26,8	27,5	2,6
Ipuã	27,9	30,7	10,0	Sebastianópolis do Sul	29,0	30,4	4,8
Irapuã	27,9	31,2	11,8	Serra Azul	28,2	29,8	5,7
Itajobi	27,7	30,0	8,3	Serrana	28,9	30,4	5,2
Itápolis	29,2	31,8	8,9	Sertãozinho	27,6	29,4	6,5
Ituverava	27,6	30,2	9,4	Severínia	25,8	26,8	3,9
Jaborandi	28,5	29,2	2,5	Tabapuã	25,9	27,7	6,9
Jaboticabal	27,8	29,7	6,8	Tabatinga	28,5	31,2	9,5
Jaci	25,8	27,2	5,4	Taiacu	26,9	28,1	4,5
Jardinópolis	27,8	29,1	4,7	Taiúva	28,6	29,7	3,8
José Bonifácio	29,0	31,8	9,7	Tanabi	29,5	32,0	8,5
Luís Antônio	29,4	29,8	1,4	Taquaral	29,1	29,5	1,4
Macaubal	25,8	26,6	3,1	Taquaritinga	29,2	30,6	4,8
Marapoama	25,8	27,1	5,0	Terra Roxa	27,6	28,8	4,3
Matão	29,5	31,0	5,1	Trabiju	21,4	21,2	-0,9
Mendonça	29,3	31,4	7,2	Ubarana	31,6	33,4	5,7
Miguelópolis	29,4	31,7	7,8	Uchoa	26,4	28,0	6,1
Mirassol	26,1	29,2	11,9	União Paulista	27,2	29,0	6,6
Mirassolândia	29,2	32,5	11,3	Urupês	25,9	27,6	6,6
Monções	25,8	26,7	3,5	Viradouro	27,9	29,3	5,0
Monte Alto	28,8	30,5	5,9	Vista Alegre do Alto	25,8	27,2	5,4
Monte Aprazível	27,2	30,0	10,3	Zacarias	31,4	33,4	6,4

A observação simultânea dos valores de COS por município em 2003 e do mapa de biomas e solos (Figura 2) indica que, nos municípios com os menores valores de estoque de COS, as áreas colhidas com cana normalmente apresentavam solos da classe PVA em áreas do Bioma Mata Atlântica, situação que ocorria na maior parte das porções central e oeste da área de estudo. Os maiores valores de estoque de COS também foram encontrados em municípios com áreas no Bioma Mata Atlântica, porém com predominância de Latossolos, situação observada em poucos municípios, situados próximos aos rios Grande e Tietê, na porção oeste da área de estudo.

Valores intermediários de COS ocorriam em municípios situados em áreas do Bioma Cerrado. Esse bioma domina amplamente a porção leste da área de estudo, onde também predominam áreas com Latossolos. Os valores de COS em municípios do Bioma Cerrado são ligeiramente maiores quando há predominância dos Argissolos, situação observada em alguns municípios situados nas porções oeste e central da área de estudo. Em geral, o estoque de COS em áreas com cana colhida queimada decresce em relação aos valores que as mesmas áreas apresentavam com vegetação original (Tabela 1), porém a ordenação das combinações de solos/biomas quanto aos estoques de COS permanece a mesma.

Os valores estimados de estoque de COS por hectare em 2007 são, em geral, maiores que os de 2003, consequência da prática da colheita da cana crua. Como o percentual de área com cana colhida crua difere de um município para o outro (Figura 8) e o comportamento do COS em função dos tipos de solo em condição de cana colhida crua é diferente do comportamento verificado em condição de cana queimada, observa-se, em relação aos dados de 2003, algumas alterações no *ranking* de estoque de COS por hectare entre os municípios.

Outro fator que pode ter influenciado as alterações de COS observadas, embora em menor intensidade, é a alteração na distribuição espacial das áreas produtoras em relação aos tipos de solo e biomas. A expansão ou retração da cultura em determinado município pode alterar a proporção de cana plantada em cada tipo de solo e bioma. Como o estoque de COS estimado depende da classe do solo e do bioma, o estoque de COS por hectare no respectivo município também será alterado. Esse fato pode explicar, por exemplo, o decréscimo do COS por hectare em dois municípios: Brodowski e Trabiju.

Um fator a ser investigado no processo de aumento dos estoques de carbono em áreas com canavieira é a possibilidade de mecanização nas áreas produtoras. A colheita da cana crua promove o aumento do estoque de COS, entretanto, ela é viável tecnicamente apenas se mecanizada. Condições naturais das áreas produtoras, principalmente a declividade do terreno, podem impedir a mecanização. Essas áreas continuariam a usar o processo de queima para a colheita até que algum impedimento legal à queimada ou a inviabilidade econômica da colheita manual force a substituição da canavieira por outra cultura. Dessa forma, a investigação das áreas potencialmente mecanizáveis para a canavieira pode apontar o potencial para o aumento da colheita de cana crua e consequentemente o potencial para o aumento de COS.

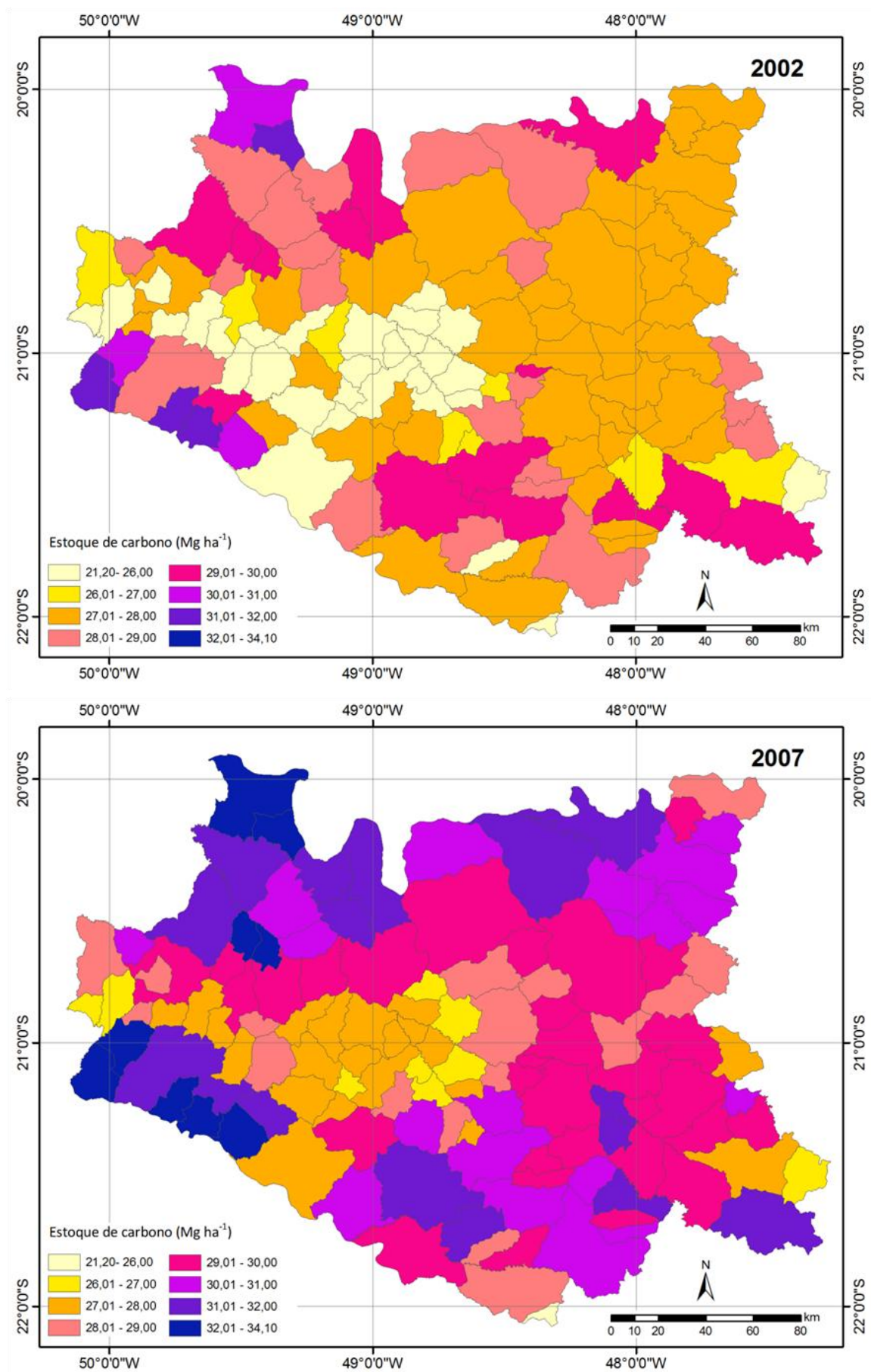


Figura 7. Estoque médio de carbono por hectare em áreas colhidas com cana-de-açúcar nos anos de 2003 e 2007. Dados estimados por município.

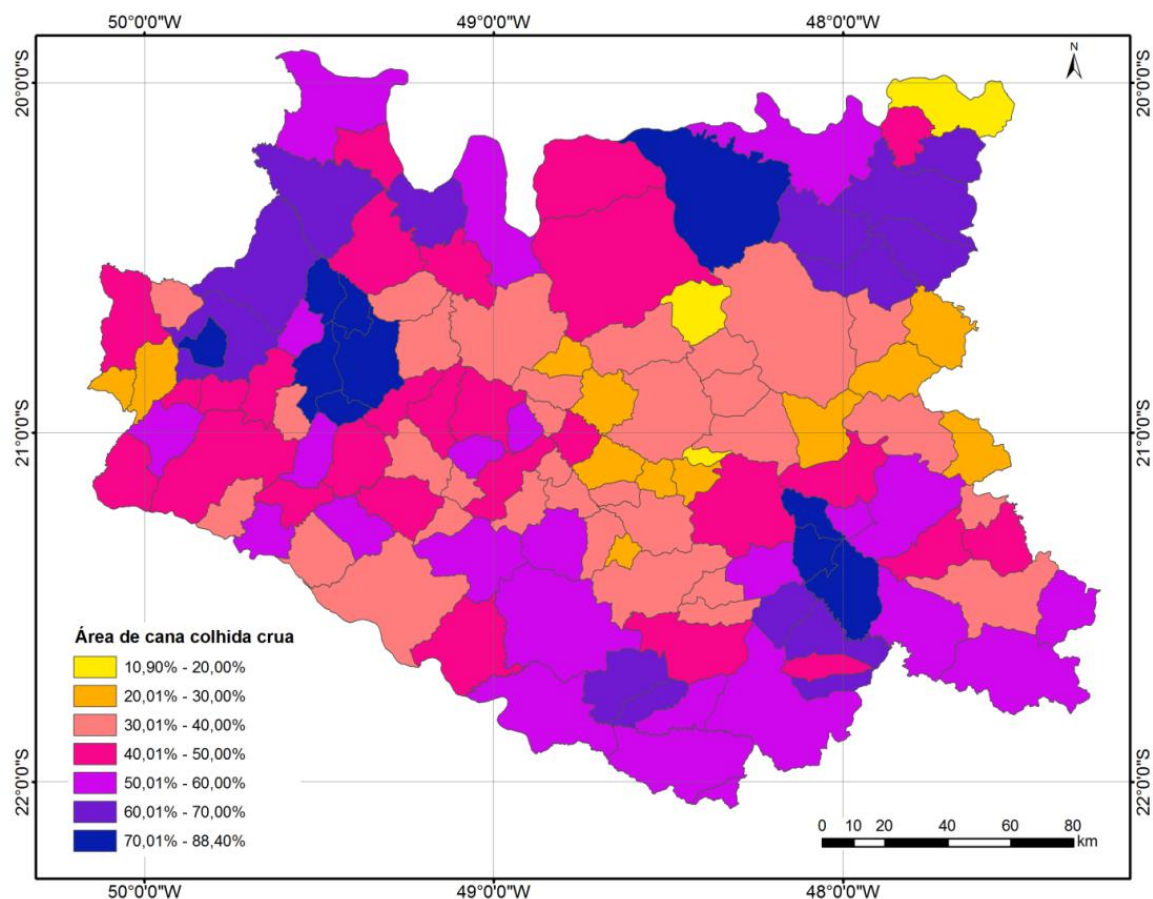


Figura 8. Percentual das áreas com cana-de-açúcar colhida crua por município em 2007. Mapa construído a partir de dados publicados em Aguiar et al. (2010).

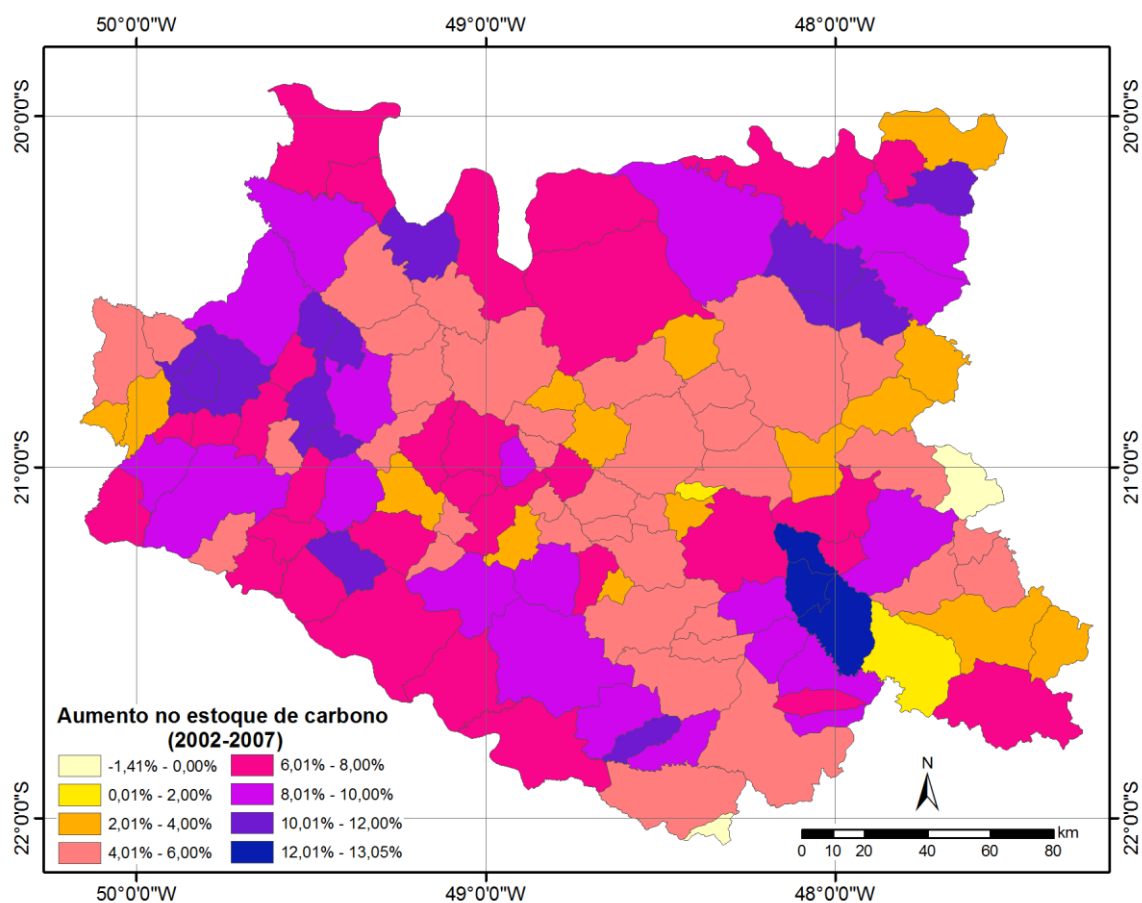


Figura 9. Aumento percentual no estoque médio de carbono por hectare em áreas colhidas com cana-de-açúcar no período 2003-2007 em relação ao valor estimado para 2003. Dados estimados por município.

Conclusões

A área de estudo, considerada polo da produção de cana-de-açúcar, apresenta variabilidade espacial quanto ao estoque de COS nas áreas produtoras de cana em virtude dos diferentes tipos de solo que ocorrem na área, distribuídos por dois biomas diferentes: Cerrado e Mata Atlântica. O comportamento do estoque de COS é diferente em cada um desses biomas e tipos de solo, o que implica diferentes estoques de COS nas áreas produtoras. Os menores valores de estoque de COS por hectare em 2003 foram observados em municípios das porções oeste e central onde predominam solos PVA em áreas do Bioma Mata Atlântica, combinação solo/bioma com menor potencial para o acúmulo de COS. Os municípios com os maiores valores de COS também estavam situados em áreas do Bioma Mata Atlântica, porém com predominância de Latossolos, restringindo-se a poucos municípios próximos aos rios Grande e Tietê, na porção oeste da área de estudo. Valores intermediários de COS ocorriam em municípios situados em áreas do Bioma Cerrado. Esse bioma domina amplamente a porção leste da área de estudo, onde também predominam áreas com Latossolos. Os valores de COS em municípios do Bioma Cerrado são ligeiramente maiores quando há predominância dos Argissolos, situação observada em alguns municípios situados nas porções oeste e central da área de estudo.

A introdução da colheita da cana-de-açúcar sem a queima da palha foi a principal responsável pelo aumento dos estoques de COS por hectare em áreas produtoras de cana-de-açúcar, quando se comparam os dados estimados para cada município em 2007 e 2003. Esse aumento foi maior, logicamente, em municípios com altos índices de colheita de cana crua.

Municípios com predominância de solos da classe LV, a maioria localizada na porção leste da área de estudo, apresentaram os maiores índices de ocupação de seus territórios pela lavoura canavieira. Em sua recente expansão, a canavicultura avançou fortemente pelas áreas então restantes de LV e, de forma menos intensiva, sobre áreas de Argissolos, predominantes nas porções oeste e central da área de estudo.

O melhor entendimento do comportamento do COS no solo frente a seus atributos e práticas de manejo, bem como mapeamentos desses atributos, do uso e cobertura do solo e de práticas de manejo do solo e da colheita de forma detalhada, podem fornecer estimativas mais acuradas dos estoques de COS.

Referências

ADDISCOT, T. M. Entropy and sustainability. **European Journal of Soil Science**, Oxford, UK, v. 46, p. 161-168, 1992.

AGUIAR, D. A.; RUDORFF, B. F. T.; SILVA, W. F.; CARVALHO, M. A.; AULICINO, T. L. I. N.; BRANDÃO, D.; GOLTZ, E.; ADAMI, M.; SUGAWARA, L. M. **Mapeamento da colheita da cana-de-açúcar no estado de São Paulo ano safra 2007/2008**. São José dos Campos: INPE, 2009. 63 p. (INPE-15724-RPQ/821). Disponível em: <<http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18%4080/2009/05.18.13.12/doc/paginadeacesso.html>>. Acesso em: 27 out. 2010.

CARVALHO, G. R.; OLIVEIRA, C. de. **O setor sucroalcooleiro em perspectiva**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2006. 18 p., il. (Circular Técnica, 10). Disponível em: <<http://www.cnpem.embrapa.br/publica/serie.html#bol>>. Acesso em: 20 fev. 2011.

CERRI, C. E. P.; COLEMAN, K.; JENKINSON, D. S.; BERNOUX, M.; VICTORIA, R.; CERRI, C. C. Modeling Soil Carbon from Forest and Pasture Ecosystems of Amazon, Brazil. **Soil Science Society American Journal**, v. 67, n. 6, p. 1879-1887, 2003.

CERRI, C. C.; GALDOS, M. V. ; MAIA, S. M. F. ; BERNOUX, M. ; FEIGL, B. J. ; POWLSON, D.; CERRI, C. E. P. Effect of sugarcane harvesting systems on soil carbon stocks in Brazil. **European Journal of Soil Science**, v. 62, n.1, p. 23-28, 2011. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2389.2010.01315.x/full>>. Acesso em: 1 dez. 2010.

CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; FELLER, C.; CAMPOS, D. C.; DE LUCA, E. F.; ESCHENBRENNER, V. **Canne à sucre et sequestration du carbone**. Paris: Académie d'Agriculture de France, Séance du 17 mars, 2004. 15 p.

CZYCZA, R. V.; SIGNOR, D.; CERRI, C. E. P. Estoques de carbono e nitrogênio do solo e biomassa microbiana em sistema de colheita com e sem queima da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2009, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBCS, 2009. CD-ROM.

DALL'AGNOL, A; HIRAKURI, M. H. **Realidade e perspectivas do Brasil na produção de alimentos e agroenergia, com ênfase na soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 8p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 59). Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/download/cirtec/cirtec59.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2011.

DEBARBA, L. **Simulação pelo modelo CENTURY do impacto da agricultura sobre o estoque de carbono orgânico em solos do Planalto Rio-Grandense**. 2002. 172 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

DEFRIES, R. S.; HOUGHTON, R. A.; HANSEN, M. C.; FIELD, C. B.; SKOLE, D. Carbon emissions from tropical deforestation and regrowth based on satellite observations for the 1980s and 1990s. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 99, n. 22, p. 14256-14261, 2002.

GALDOS, M. V. **Dinâmica do carbono no agrossistema cana-de-açúcar**. 2007. 101 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

GRAHAM, M. H.; HAYNES, R. J.; MEYER, J. H. Changes in soil chemistry and aggregate stability induced by fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. **European Journal of Soil Science**, v. 53, p. 589-598, 2002.

IBAMA. **Temas Vetoriais Formato Shapefile - BR Biomass IBGE**. Disponível em: <<http://siscom.ibama.gov.br/shapes/>>. Acesso em: 6 fev. 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapas Interativos. **Mapa de vegetação**. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/vegetacao/viewer.htm>>. Acesso em: 6 fev. 2009a.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal. Mapas Interativos. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/malhas_digitais>. Acesso em: 6 fev. 2009b.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA.** Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=PA&z=T&o=11>>. Acesso em: 27 out. 2010.

LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. **Science**, v. 304, p. 1623-1627, 2004.

LANGEVELD, C. A.; SEGERS, R.; DIRKS, B. O. M.; DASSELAAR, A.; VELTHOF, G. L.; HENSEN, A. Emissions of CO₂, CH₄ and N₂O from pasture on drained peat soils in the Netherlands. **European Journal of Agronomy**, v. 7, p. 35-42, 1997.

LUIZÃO, F.; MATSON, P.; LIVINGSTON, G.; LUIZÃO, R. E.; VITOUSEK, P. Nitrous oxide flux following tropical land clearing, **Global Biogeochemical Cycles**, v. 3, n. 3, p. 281–285. 1989.

MILNE, E.; AL ADAMAT, R.; BATJES, N. H.; BERNOUX, M.; BHATTACHARYYA, T.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P.; COLEMAN, K.; EASTER, M.; FALLOON, P.; FELLER, C.; GICHERU, P.; KAMONI, P.; KILLIAN, K.; PAL, D. K.; PAUSTIAN, K.; POWLSON, D. S.; RAWAJFIH, Z.; SESSAY, M.; WILLIAMS, S.; WOKABI, S. National and sub-national assessments of soil organic carbon stocks and changes: the GEFSOC modelling system. **Agriculture. Ecosystems and Environment**, v. 122, p. 3-12, 2007.

MORTON, D. C.; DEFRIES, R. S.; SHIMABUKURO, Y. E.; ANDERSON, L. O.; ARAI, E.; ESPIRITO-SANTO, F.; DEL B.; FREITAS, R.; MORISETTE, J. Cropland expansions changes dynamics in the southern Brazilian Amazon. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 103, p. 14637-14641, 2006.

OLIVEIRA, J. B. de; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida.** Campinas: Instituto Agronômico; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 64 p. Acompanha mapa color., escala 1:500.000. (4 folhas) MP 99.00148.

ROBERTSON, F. **Sugarcane thrash management:** consequences for soil carbon and nitrogen. Townville: CRC for Sustainable Sugar Production, 2003. 39 p. (Final report of the project Nutrient Cycling in Relation to Trash Management).

SCHLESINGER, W. H. **Biogeochemistry:** an analysis of global change. San Diego: Academic Press, 1991. 368 p.

Anexo

As Tabelas 3 e 4 apresentam os dados de área colhida e quantidade produzida de cana-de-açúcar para todos os municípios da área de estudo, obtidos no banco de dados de Produção Agrícola Municipal do Sistema SIDRA (IBGE, 2010). São estimativas feitas pelos agentes do IBGE que resultam de contatos que os mesmos mantêm com técnicos do setor agrícola, com grandes produtores e, ainda, do próprio conhecimento que os agentes possuem sobre as atividades agrícolas dos municípios ou região onde atuam (IBGE, 2010). As áreas dos municípios foram calculadas por software de SIG a partir do mapa com os limites municipais em escala 1:500.000, também obtido junto ao IBGE (2009b). Os outros dados resultam de cálculos efetuados entre essas variáveis e foram utilizados para a elaboração dos mapas coropléticos apresentados no texto principal. Como os mapas coropléticos trazem a informação agrupada em faixa de valores, optou-se por manter as tabelas com os dados originais neste apêndice para o leitor interessado em avaliar com maior exatidão a evolução da cultura em determinado município.

Tabela 3. Áreas colhidas com cana-de-açúcar por município em 2002 e 2007, razão entre as áreas colhidas em 2007 e 2002, área de expansão comparando 2007 com 2002 e percentuais das áreas colhidas e de expansão em relação à área total dos municípios.

Município	Área do município	Área colhida 2002	Área colhida 2007	Razão (área colh. 2007/área colh. 2002)	Área de expansão	Percentuais em relação à área do município		
						Área colhida 2002	Área colhida 2007	Área de expansão
	(ha)	(ha)	(ha)		(ha)	%	%	%
Adolfo	21.082	0	3.418	-	3.418	0,00	16,21	16,21
Altair	31.595	7.200	11.928	1,66	4.728	22,79	37,75	14,96
Américo Brasiliense	12.347	7.050	7.139	1,01	89	57,10	57,82	0,72
Aramina	20.281	10.000	11.500	1,15	1.500	49,31	56,70	7,40
Araraquara	100.584	32.000	32.000	1,00	0	31,81	31,81	0,00
Ariranha	13.305	9.000	9.100	1,01	100	67,64	68,40	0,75
Bady Bassitt	10.957	150	1.570	10,47	1.420	1,37	14,33	12,96
Bálsamo	15.045	400	1.850	4,63	1.450	2,66	12,30	9,64
Barretos	156.378	16.000	50.890	3,18	34.890	10,23	32,54	22,31
Barrinha	14.655	10.000	10.500	1,05	500	68,24	71,65	3,41
Bebedouro	68.256	21.000	29.300	1,40	8.300	30,77	42,93	12,16
Boa Esperança do Sul	69.124	19.000	27.500	1,45	8.500	27,49	39,78	12,30
Borborema	55.265	7.000	14.000	2,00	7.000	12,67	25,33	12,67
Brodowski	27.973	10.400	11.650	1,12	1.250	37,18	41,65	4,47
Buritizal	26.625	8.000	10.000	1,25	2.000	30,05	37,56	7,51
Cajobi	17.671	2.922	5.617	1,92	2.695	16,54	31,79	15,25
Cândido Rodrigues	6.950	2.000	2.300	1,15	300	28,78	33,10	4,32
Catanduva	29.222	14.500	13.703	0,95	-797	49,62	46,89	-2,73
Catiguá	14.540	7.000	8.000	1,14	1.000	48,14	55,02	6,88
Cedral	19.766	419	4.350	10,38	3.931	2,12	22,01	19,89
Colina	42.383	16.500	22.000	1,33	5.500	38,93	51,91	12,98
Colômbia	72.907	454	22.710	50,02	22.256	0,62	31,15	30,53
Cravinhos	31.141	17.500	18.500	1,06	1.000	56,20	59,41	3,21
Dobrada	15.011	9.600	9.670	1,01	70	63,95	64,42	0,47
Dumont	11.097	6.000	7.500	1,25	1.500	54,07	67,59	13,52
Elisiário	9.270	3.200	5.200	1,63	2.000	34,52	56,09	21,57
Embaúba	8.367	1.150	3.500	3,04	2.350	13,74	41,83	28,09
Fernando Prestes	17.006	4.000	6.800	1,70	2.800	23,52	39,98	16,46
Gavião Peixoto	24.364	3.000	3.900	1,30	900	12,31	16,01	3,69
Guaiá	125.844	26.500	51.000	1,92	24.500	21,06	40,53	19,47
Guapiaçu	32.513	7.500	8.200	1,09	700	23,07	25,22	2,15
Guará	36.260	16.501	20.300	1,23	3.799	45,51	55,98	10,48
Guaraci	63.910	5.000	20.640	4,13	15.640	7,82	32,30	24,47
Guariba	27.033	17.000	17.200	1,01	200	62,89	63,63	0,74
Guataporá	41.253	23.200	24.700	1,06	1.500	56,24	59,87	3,64
Ibirá	27.072	2.800	5.500	1,96	2.700	10,34	20,32	9,97

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Município	Área do município	Área colhida 2002	Área colhida 2007	Razão (área colh. 2007/área colh. 2002)	Área de expansão	Percentuais em relação à área do município		
						Área colhida 2002	Área colhida 2007	Área de expansão
						%	%	%
	(ha)	(ha)	(ha)		(ha)			
Ibitinga	68.872	6.444	16.000	2,48	9.556	9,36	23,23	13,87
Icém	36.320	4.399	7.438	1,69	3.039	12,11	20,48	8,37
Igarapava	46.703	17.650	26.000	1,47	8.350	37,79	55,67	17,88
Ipiguá	13.549	70	1.723	24,61	1.653	0,52	12,72	12,20
Ipuã	46.585	25.000	27.900	1,12	2.900	53,67	59,89	6,23
Irapuã	25.740	2.603	6.000	2,31	3.397	10,11	23,31	13,20
Itajobi	50.183	11.000	19.000	1,73	8.000	21,92	37,86	15,94
Itápolis	99.712	15.000	32.000	2,13	17.000	15,04	32,09	17,05
Ituverava	69.759	14.000	40.000	2,86	26.000	20,07	57,34	37,27
Jaborandi	27.432	15.000	17.820	1,19	2.820	54,68	64,96	10,28
Jaboticabal	70.659	40.000	40.000	1,00	0	56,61	56,61	0,00
Jaci	14.442	0	4.000	-	4.000	0,00	27,70	27,70
Jardinópolis	50.339	28.000	28.100	1,00	100	55,62	55,82	0,20
José Bonifácio	85.852	1.100	7.000	6,36	5.900	1,28	8,15	6,87
Luís Antônio	59.759	24.800	25.300	1,02	500	41,50	42,34	0,84
Macaubal	24.873	200	2.000	10,00	1.800	0,80	8,04	7,24
Marapoama	11.330	2.925	3.600	1,23	675	25,82	31,77	5,96
Matão	52.699	15.400	14.300	0,93	-1.100	29,22	27,14	-2,09
Mendonça	19.501	1.370	2.900	2,12	1.530	7,03	14,87	7,85
Miguelópolis	82.695	15.000	47.000	3,13	32.000	18,14	56,84	38,70
Mirassol	24.387	700	3.000	4,29	2.300	2,87	12,30	9,43
Mirassolândia	16.647	0	1.310	-	1.310	0,00	7,87	7,87
Monções	10.441	75	1.440	19,20	1.365	0,72	13,79	13,07
Monte Alto	34.719	6.630	6.800	1,03	170	19,10	19,59	0,49
Monte Aprazível	48.303	2.300	16.380	7,12	14.080	4,76	33,91	29,15
Monte Azul Paulista	26.364	4.600	8.100	1,76	3.500	17,45	30,72	13,28
Morro Agudo	138.619	60.000	93.000	1,55	33.000	43,28	67,09	23,81
Motuca	22.939	15.000	15.428	1,03	428	65,39	67,26	1,87
Neves Paulista	23.219	300	6.000	20,00	5.700	1,29	25,84	24,55
Nhandeara	43.744	100	7.000	70,00	6.900	0,23	16,00	15,77
Nipoã	13.804	1.200	6.000	5,00	4.800	8,69	43,47	34,77
Nova Aliança	21.787	150	7.000	46,67	6.850	0,69	32,13	31,44
Nova Europa	16.094	6.500	7.100	1,09	600	40,39	44,12	3,73
Nova Granada	53.183	2.600	5.150	1,98	2.550	4,89	9,68	4,79
Novais	11.696	6.600	7.400	1,12	800	56,43	63,27	6,84
Novo Horizonte	93.297	27.000	32.000	1,19	5.000	28,94	34,30	5,36
Nuporanga	34.705	17.000	18.674	1,10	1.674	48,98	53,81	4,82
Olímpia	80.336	20.000	36.350	1,82	16.350	24,90	45,25	20,35
Onda Verde	24.334	6.845	5.250	0,77	-1.595	28,13	21,57	-6,55
Orindiúva	24.828	12.018	14.210	1,18	2.192	48,41	57,23	8,83
Orlândia	29.631	17.000	17.900	1,05	900	57,37	60,41	3,04
Palestina	69.535	1.272	15.700	12,34	14.428	1,83	22,58	20,75
Palmares Paulista	8.229	6.000	5.000	0,83	-1.000	72,91	60,76	-12,15
Paraíso	15.449	4.000	7.094	1,77	3.094	25,89	45,92	20,03
Paulo de Faria	74.077	13.000	16.240	1,25	3.240	17,55	21,92	4,37
Pindorama	18.458	6.000	7.000	1,17	1.000	32,51	37,92	5,42
Pirangi	21.570	4.300	10.000	2,33	5.700	19,93	46,36	26,43
Pitangueiras	42.967	31.600	32.000	1,01	400	73,54	74,48	0,93
Planalto	28.946	1.200	8.000	6,67	6.800	4,15	27,64	23,49
Poloni	13.478	1.100	5.900	5,36	4.800	8,16	43,77	35,61
Pontal	35.521	22.500	22.000	0,98	-500	63,34	61,93	-1,41

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Município	Área do município	Área colhida 2002	Área colhida 2007	Razão (área colh. 2007/área colh. 2002)	Área de expansão	Percentuais em relação à área do município		
						Área colhida 2002	Área colhida 2007	Área de expansão
	(ha)	(ha)	(ha)		(ha)	%	%	%
Potirendaba	34.235	612	7.000	11,44	6.388	1,79	20,45	18,66
Pradópolis	16.714	10.000	10.000	1,00	0	59,83	59,83	0,00
Ribeirão Preto	65.032	30.000	32.000	1,07	2.000	46,13	49,21	3,08
Rincão	31.360	12.000	19.600	1,63	7.600	38,27	62,50	24,23
Sales	30.849	1.600	4.000	2,50	2.400	5,19	12,97	7,78
Sales Oliveira	30.361	18.000	18.000	1,00	0	59,29	59,29	0,00
Santa Adélia	33.101	12.000	16.000	1,33	4.000	36,25	48,34	12,08
Santa Ernestina	13.486	6.600	6.840	1,04	240	48,94	50,72	1,78
Santa Lúcia	15.232	13.400	13.800	1,03	400	87,97	90,60	2,63
S. Rita Passa Quatro	75.291	9.950	12.000	1,21	2.050	13,22	15,94	2,72
Santa Rosa de Viterbo	28.958	7.000	10.000	1,43	3.000	24,17	34,53	10,36
São Joaquim da Barra	41.224	24.000	25.000	1,04	1.000	58,22	60,64	2,43
São José do Rio Preto	43.136	120	4.000	33,33	3.880	0,28	9,27	8,99
São Simão	61.797	17.000	22.000	1,29	5.000	27,51	35,60	8,09
Sebastianópolis do Sul	16.827	900	2.000	2,22	1.100	5,35	11,89	6,54
Serra Azul	28.286	14.000	14.563	1,04	563	49,49	51,48	1,99
Serrana	12.583	6.500	6.500	1,00	0	51,66	51,66	0,00
Sertãozinho	40.297	30.000	32.000	1,07	2.000	74,45	79,41	4,96
Severínia	14.055	3.000	6.690	2,23	3.690	21,34	47,60	26,25
Tabapuã	34.556	9.500	12.300	1,29	2.800	27,49	35,59	8,10
Tabatinga	36.640	4.730	4.500	0,95	-230	12,91	12,28	-0,63
Taiaçu	10.691	2.050	2.770	1,35	720	19,17	25,91	6,73
Taiúva	13.212	5.600	7.200	1,29	1.600	42,39	54,50	12,11
Tanabi	74.514	80	5.000	62,50	4.920	0,11	6,71	6,60
Taquaral	5.416	1.800	2.100	1,17	300	33,24	38,77	5,54
Taquaritinga	59.419	17.000	19.700	1,16	2.700	28,61	33,15	4,54
Terra Roxa	21.975	15.500	16.400	1,06	900	70,53	74,63	4,10
Trabiju	6.327	1.000	2.500	2,50	1.500	15,81	39,51	23,71
Ubarana	21.012	2.888	9.064	3,14	6.176	13,74	43,14	29,39
Uchoa	25.222	6.553	12.719	1,94	6.166	25,98	50,43	24,45
União Paulista	7.896	1.300	3.800	2,92	2.500	16,46	48,13	31,66
Urupês	32.486	5.060	9.900	1,96	4.840	15,58	30,47	14,90
Viradouro	21.908	13.000	15.000	1,15	2.000	59,34	68,47	9,13
Vista Alegre do Alto	9.538	4.200	4.200	1,00	0	44,03	44,03	0,00
Zacarias	31.889	0	3.500	-	3.500	0,00	10,98	10,98

Fonte: Dados de área colhida obtidos do Banco de Dados Agregados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA - Produção Agrícola Municipal. IBGE (2010).

Tabela 4. Quantidade produzida de cana-de-açúcar por município em 2002 e 2007, razão entre as quantidades produzidas em 2007 e 2002, aumento da quantidade produzida comparando 2007 e 2002, densidade da produção (quantidade produzida/área do município) em 2002, 2007 e aumento na densidade da produção.

Município	Área do município ha	Quantidade produzida (QP)		Razão QP2007/ QP2002	Aumento da quantidade produzida Mg	Densidade da produção		
		2002	2007			2002	2007	Aumento
		Mg	Mg			Mg ha ⁻¹	Mg ha ⁻¹	Mg ha ⁻¹
Adolfo	21.082	0	341.800	-	341.800	0,00	16,21	16,21
Altair	31.595	540.000	954.240	1,77	414.240	17,09	30,20	13,11
Américo Brasiliense	12.347	504.780	571.120	1,13	66.340	40,88	46,26	5,37
Aramina	20.281	700.000	805.000	1,15	105.000	34,51	39,69	5,18
Araraquara	100.584	2.291.200	2.560.000	1,12	268.800	22,78	25,45	2,67
Ariranha	13.305	770.000	728.000	0,95	-42.000	57,87	54,72	-3,16
Bady Bassitt	10.957	12.000	125.600	10,47	113.600	1,10	11,46	10,37
Bálsamo	15.045	32.000	185.000	5,78	153.000	2,13	12,30	10,17
Barretos	156.378	1.440.000	4.580.100	3,18	3.140.100	9,21	29,29	20,08
Barrinha	14.655	800.000	945.000	1,18	145.000	54,59	64,48	9,89
Bebedouro	68.256	1.785.000	2.637.000	1,48	852.000	26,15	38,63	12,48
Boa Esperança do Sul	69.124	1.360.400	2.062.500	1,52	702.100	19,68	29,84	10,16
Borborema	55.265	635.200	1.120.000	1,76	484.800	11,49	20,27	8,77
Brodowski	27.973	676.000	756.750	1,12	80.750	24,17	27,05	2,89
Buritizal	26.625	600.000	850.000	1,42	250.000	22,54	31,92	9,39
Cajobi	17.671	248.370	505.530	2,04	257.160	14,06	28,61	14,55
Cândido Rodrigues	6.950	180.000	230.000	1,28	50.000	25,90	33,10	7,19
Catanduva	29.222	1.250.000	1.233.270	0,99	-16.730	42,78	42,20	-0,57
Catiguá	14.540	590.000	680.000	1,15	90.000	40,58	46,77	6,19
Cedral	19.766	33.520	478.500	14,28	444.980	1,70	24,21	22,51
Colina	42.383	1.485.000	1.760.000	1,19	275.000	35,04	41,53	6,49
Colômbia	72.907	44.000	1.816.800	41,29	1.772.800	0,60	24,92	24,32
Cravinhos	31.141	1.312.500	1.480.000	1,13	167.500	42,15	47,53	5,38
Dobrada	15.011	864.000	918.650	1,06	54.650	57,56	61,20	3,64
Dumont	11.097	480.000	675.000	1,41	195.000	43,26	60,83	17,57
Elisiário	9.270	272.000	468.000	1,72	196.000	29,34	50,48	21,14
Embaúba	8.367	97.750	297.500	3,04	199.750	11,68	35,55	23,87
Fernando Prestes	17.006	400.000	680.000	1,70	280.000	23,52	39,98	16,46
Gavião Peixoto	24.364	214.800	312.000	1,45	97.200	8,82	12,81	3,99
Guaíra	125.844	2.660.000	5.100.000	1,92	2.440.000	21,14	40,53	19,39
Guapiaçu	32.513	532.520	738.000	1,39	205.480	16,38	22,70	6,32
Guará	36.260	1.320.080	1.624.000	1,23	303.920	36,41	44,79	8,38
Guaraci	63.910	375.000	1.754.400	4,68	1.379.400	5,87	27,45	21,58
Guariba	27.033	1.530.000	1.548.000	1,01	18.000	56,60	57,26	0,67
Guataporã	41.253	1.856.000	1.976.000	1,06	120.000	44,99	47,90	2,91
Ibirá	27.072	210.000	440.000	2,10	230.000	7,76	16,25	8,50
Ibitinga	68.872	515.520	1.280.000	2,48	764.480	7,49	18,59	11,10
Icém	36.320	395.919	669.420	1,69	273.501	10,90	18,43	7,53
Igarapava	46.703	1.323.750	2.080.000	1,57	756.250	28,34	44,54	16,19
Ipiguá	13.549	7.000	155.070	22,15	148.070	0,52	11,45	10,93
Ipuã	46.585	2.000.000	2.511.000	1,26	511.000	42,93	53,90	10,97
Irapuã	25.740	208.240	480.000	2,31	271.760	8,09	18,65	10,56
Itajobi	50.183	770.000	1.520.000	1,97	750.000	15,34	30,29	14,95
Itápolis	99.712	1.210.000	2.560.000	2,12	1.350.000	12,13	25,67	13,54
Ituverava	69.759	1.100.000	3.600.000	3,27	2.500.000	15,77	51,61	35,84
Jaborandi	27.432	1.220.000	1.603.800	1,31	383.800	44,47	58,46	13,99
Jaboticabal	70.659	3.600.000	3.600.000	1,00	0	50,95	50,95	0,00
Jaci	14.442	0	560.000	-	560.000	0,00	38,78	38,78
Jardinópolis	50.339	2.240.000	2.249.000	1,00	9.000	44,50	44,68	0,18
José Bonifácio	85.852	88.000	700.000	7,95	612.000	1,03	8,15	7,13
Luís Antônio	59.759	1.700.000	2.322.000	1,37	622.000	28,45	38,86	10,41
Macaubal	24.873	20.000	180.000	9,00	160.000	0,80	7,24	6,43
Marapoama	11.330	183.680	288.000	1,57	104.320	16,21	25,42	9,21
Matão	52.699	1.102.640	1.144.000	1,04	41.360	20,92	21,71	0,78

Continua...

Tabela 4. Continuação.

Município	Área do município ha	Quantidade produzida (QP)		Razão QP2007/ QP2002	Aumento da quantidade produzida Mg	Densidade da produção		
		2002	2007			2002	2007	Aumento
		Mg	Mg			Mg ha ⁻¹	Mg ha ⁻¹	Mg ha ⁻¹
Mendonça	19.501	95.900	261.000	2,72	165.100	4,92	13,38	8,47
Miguelópolis	82.695	1.500.000	4.700.000	3,13	3.200.000	18,14	56,84	38,70
Mirassol	24.387	56.000	270.000	4,82	214.000	2,30	11,07	8,78
Mirassolândia	16.647	0	104.800	-	104.800	0,00	6,30	6,30
MonçõEs	10.441	7.500	120.240	16,03	112.740	0,72	11,52	10,80
Monte Alto	34.719	530.400	544.000	1,03	13.600	15,28	15,67	0,39
Monte Aprazível	48.303	230.000	1.474.200	6,41	1.244.200	4,76	30,52	25,76
Monte Azul Paulista	26.364	390.000	729.000	1,87	339.000	14,79	27,65	12,86
Morro Agudo	138.619	6.000.000	7.626.000	1,27	1.626.000	43,28	55,01	11,73
Motuca	22.939	1.074.000	1.234.240	1,15	160.240	46,82	53,81	6,99
Neves Paulista	23.219	24.000	480.000	20,00	456.000	1,03	20,67	19,64
Nhandeara	43.744	7.000	630.000	90,00	623.000	0,16	14,40	14,24
Nipoã	13.804	96.000	480.000	5,00	384.000	6,95	34,77	27,82
Nova Aliança	21.787	12.000	840.000	70,00	828.000	0,55	38,55	38,00
Nova Europa	16.094	465.400	568.000	1,22	102.600	28,92	35,29	6,38
Nova Granada	53.183	234.000	463.500	1,98	229.500	4,40	8,72	4,32
Novais	11.696	561.000	629.000	1,12	68.000	47,96	53,78	5,81
Novo Horizonte	93.297	2.150.000	2.560.000	1,19	410.000	23,04	27,44	4,39
Nuporanga	34.705	1.375.360	1.493.920	1,09	118.560	39,63	43,05	3,42
Olímpia	80.336	1.800.000	3.271.500	1,82	1.471.500	22,41	40,72	18,32
Onda Verde	24.334	547.600	420.000	0,77	-127.600	22,50	17,26	-5,24
Orindiúva	24.828	1.033.548	1.278.900	1,24	245.352	41,63	51,51	9,88
Orlândia	29.631	1.400.000	1.646.800	1,18	246.800	47,25	55,58	8,33
Palestina	69.535	127.200	1.256.000	9,87	1.128.800	1,83	18,06	16,23
Palmares Paulista	8.229	510.000	425.000	0,83	-85.000	61,97	51,65	-10,33
Paraíso	15.449	350.000	602.990	1,72	252.990	22,66	39,03	16,38
Paulo de Faria	74.077	1.105.000	1.461.600	1,32	356.600	14,92	19,73	4,81
Pindorama	18.458	510.000	595.000	1,17	85.000	27,63	32,23	4,60
Pirangi	21.570	344.000	900.000	2,62	556.000	15,95	41,72	25,78
Pitangueiras	42.967	2.844.000	2.762.500	0,97	-81.500	66,19	64,29	-1,90
Planalto	28.946	96.000	720.000	7,50	624.000	3,32	24,87	21,56
Poloni	13.478	77.000	531.000	6,90	454.000	5,71	39,40	33,68
Pontal	35.521	1.800.000	1.760.000	0,98	-40.000	50,67	49,55	-1,13
Potirendaba	34.235	45.900	700.000	15,25	654.100	1,34	20,45	19,11
Pradópolis	16.714	700.000	700.000	1,00	0	41,88	41,88	0,00
Ribeirão Preto	65.032	2.200.000	2.240.000	1,02	40.000	33,83	34,44	0,62
Rincão	31.360	859.200	1.607.200	1,87	748.000	27,40	51,25	23,85
Sales	30.849	120.000	320.000	2,67	200.000	3,89	10,37	6,48
Sales Oliveira	30.361	1.500.000	1.512.000	1,01	12.000	49,41	49,80	0,40
Santa Adélia	33.101	1.020.000	1.440.000	1,41	420.000	30,81	43,50	12,69
Santa Ernestina	13.486	594.000	649.800	1,09	55.800	44,05	48,18	4,14
Santa Lúcia	15.232	959.440	1.104.000	1,15	144.560	62,99	72,48	9,49
S. Rita Passa Quatro	75.291	594.580	1.020.000	1,72	425.420	7,90	13,55	5,65
S. Rosa de Viterbo	28.958	420.000	702.000	1,67	282.000	14,50	24,24	9,74
S. Joaquim da Barra	41.224	1.680.000	2.500.000	1,49	820.000	40,75	60,64	19,89
S. José do Rio Preto	43.136	8.400	340.000	40,48	331.600	0,19	7,88	7,69
São Simão	61.797	1.275.000	1.760.000	1,38	485.000	20,63	28,48	7,85
Sebastianópolis do Sul	16.827	72.000	200.000	2,78	128.000	4,28	11,89	7,61
Serra Azul	28.286	980.000	1.089.725	1,11	109.725	34,65	38,53	3,88
Serrana	12.583	520.000	520.000	1,00	0	41,32	41,32	0,00
Sertãozinho	40.297	2.400.000	2.500.000	1,04	100.000	59,56	62,04	2,48
Severínia	14.055	190.960	568.650	2,98	377.690	13,59	40,46	26,87
Tabapuã	34.556	807.500	1.045.500	1,29	238.000	23,37	30,26	6,89
Tabatinga	36.640	402.050	382.500	0,95	-19.550	10,97	10,44	-0,53
Taiacu	10.691	174.250	235.450	1,35	61.200	16,30	22,02	5,72
Taiúva	13.212	448.000	684.000	1,53	236.000	33,91	51,77	17,86

Continua...

Tabela 4. Continuação.

Município	Área do município ha	Quantidade produzida (QP)		Razão QP2007/ QP2002	Aumento da quantidade produzida Mg	Densidade da produção		
		2002	2007			2002	2007	Aumento
		Mg	Mg			Mg ha ⁻¹	Mg ha ⁻¹	Mg ha ⁻¹
Tanabi	74.514	6.400	450.000	70,31	443.600	0,09	6,04	5,95
Taquaral	5.416	162.000	205.800	1,27	43.800	29,91	38,00	8,09
Taquaritinga	59.419	1.360.000	1.871.500	1,38	511.500	22,89	31,50	8,61
Terra Roxa	21.975	1.300.000	1.394.000	1,07	94.000	59,16	63,43	4,28
Trabiju	6.327	71.600	200.000	2,79	128.400	11,32	31,61	20,29
Ubarana	21.012	280.000	725.120	2,59	445.120	13,33	34,51	21,18
Uchoa	25.222	458.710	1.017.520	2,22	558.810	18,19	40,34	22,16
União Paulista	7.896	96.000	342.000	3,56	246.000	12,16	43,31	31,16
Urupês	32.486	417.039	792.000	1,90	374.961	12,84	24,38	11,54
Viradouro	21.908	1.100.000	1.350.000	1,23	250.000	50,21	61,62	11,41
Vista Alegre do Alto	9.538	432.000	319.200	0,74	-112.800	45,29	33,46	-11,83
Zacarias	31.889	0	420.000	-	420.000	0,00	13,17	13,17

Fonte: Dados de quantidade produzida obtidos do Banco de Dados Agregados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA - Produção Agrícola Municipal. IBGE (2010).

